

Resumen

Palabras clave: agua potable, calidad del agua, cooperación para el desarrollo, contaminación del agua subterránea, pozo, acueducto, Republica Dominicana, Sabana Yegua.

En poblaciones rurales con pocos recursos de República Dominicana, todavía hoy, una de las causas de la baja calidad de vida es el limitado acceso a agua potable. En el contexto de la cooperación para el desarrollo, y con la ayuda del Centro de Cooperación para el Desarrollo de la UPC, se ha realizado un estudio de viabilidad para la implementación de mejoras en el sistema de distribución del agua en la población rural de Sabana Yegua, (Azua).

La contextualización de Sabana Yegua en el ámbito social, económico, climático, y especialmente hidrológico ha establecido la base para la determinación de los principales problemas que afectan a esta población en relación al agua. Mediante el análisis de los métodos de consumo de agua en las viviendas de Sabana Yegua, el estudio de la calidad del agua de consumo, y la investigación de la gestión del agua y el saneamiento, se ha determinado que los principales problemas son: la lejanía de las fuentes de agua, la contaminación de ésta, y la falta de sistemas de saneamiento.

Como resultado del estudio anterior, se proponen dos soluciones a la lejanía de las fuentes de agua y a la contaminación de ésta: la construcción de un pozo, por un lado, y la ampliación del sistema de distribución ya existente, por otro. Ambas soluciones se han sometido a un análisis de sostenibilidad económica, social y medio ambiental, con el objetivo de definir una propuesta de mejora que tenga un impacto global positivo para la población de Sabana Yegua y su entorno, y sea económicamente viable.

Paralelamente se propone una campaña para la concienciación de la población en los hábitos higiénicos domésticos, así como pequeños cambios en los utensilios que se utilizan para almacenar y captar el agua, de manera que se mejoren los trastornos intestinales y por ello su calidad de vida.

El presente proyecto, ha permitido determinar que la propuesta de construcción de un pozo es la solución más viable y sostenible en el caso concreto de Sabana Yegua. Ésta permitiría a todos los habitantes de la población acceder a agua de calidad con facilidad y en todas las condiciones climáticas, con un coste inferior al que les supone el actual consumo de agua, garantizando así, una mayor calidad de vida. Sin embargo, esta solución está sujeta a la determinación de la buena calidad del agua extraída que los análisis químicos y bacteriológicos confirmen, y que los habitantes de Sabana Yegua acepten el proyecto.

Sumario

RESUMEN	1
SUMARIO	3
GLOSARIO	5
1. PREFACIO	7
1.1. Origen del proyecto	7
1.2. Motivación	8
1.3. Requisitos previos	9
2. INTRODUCCIÓN	11
2.1. Objetivos del proyecto.....	11
2.2. Alcance del proyecto.....	12
3. DEFINICIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	13
3.1. Situación y localización de la problemática: el Llano de Azua	13
3.2. Sabana Yegua y el barrio San Francisco	20
3.3. Caracterización hidrometeorológica	22
3.4. Caracterización hidrogeológica.....	26
3.5. Agua y saneamiento	31
4. TRATAMIENTO DEL AGUA DE SABANA YEGUA	36
4.1. Descripción del proceso de potabilización de la planta de Sabana Yegua.	36
4.2. Calidad del agua de Sabana Yegua	39
5. DISTRIBUCIÓN DEL AGUA EN LAS VIVIENDAS	41
5.1. Viviendas con acceso directo	41
5.2. Viviendas sin acceso directo.....	42
5.3. Trabajo de campo: contraste de información	46
6. PRINCIPALES PROBLEMAS EN EL ABASTECIMIENTO DE AGUA	51
6.1. Contaminación del agua	51
6.2. Calidad de vida: el agua al alcance de todos	51
6.3. Falta de red de saneamiento	52
7. DISCUSIÓN DE POSIBLES SOLUCIONES	53
7.1. Construcción de un pozo	53
7.2. Acueducto: aumento de la red de distribución	67

7.3. Campaña de hábitos higiénicos	68
8. ESTUDIO DE SOSTENIBILIDAD DE LAS POSIBLES SOLUCIONES	73
8.1. Impacto Medioambiental	73
8.2. Impacto Social	75
8.3. Impacto Económico	76
8.4. Análisis económico comparativo de las soluciones a largo plazo	79
9. ESTUDIO ECONÓMICO	81
CRONOGRAMA	82
CONCLUSIONES	83
AGRADECIMIENTOS	85
BIBLIOGRAFIA	86
Referencias bibliográficas	86
Bibliografia complementària	91

Glosario

CAASD: Corporación de Aguas y Alcantarillados de Santo Domingo.

CCD: Centro de Cooperación para el Desarrollo de la Universidad Politécnica de Cataluña.

EPA: US Environmental Protection Agency.

ETAP: Estación de Tratamiento de Agua Potable.

FUNDASEP: Fundación de Desarrollo de Azua, San Juan, Elías Piña, Inc.

INAPA: Instituto Nacional de Agua Potable y Alcantarillados.

INDRHI: Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos de República Dominicana.

OMS: Organización Mundial de la Salud.

ONGD: Organización No Gubernamental para el Desarrollo. Asociación o comité sin fines de lucro que tiene como objetivo impulsar políticas o actuaciones encaminadas al desarrollo de colectivos excluidos o en riesgo de exclusión, así como a países o comunidades considerados empobrecidos. Sus principales ámbitos de actuación son el bienestar y desarrollo social.

PIB: Producto Interior Bruto.

SNIP: Sistema Nacional de Inversión Pública. El código SNIP sirve para identificar obras públicas en el registro del Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo.

UPC: Universidad Politécnica de Cataluña.

1. Prefacio

1.1. Origen del proyecto

El agua es una fuente de vida esencial en la Tierra. Este bien resulta indispensable para la salud y el bienestar humanos, así como para la preservación del medio ambiente y del medio animal.

El acceso al agua potable, un derecho humano esencial, se ha incrementado durante las últimas décadas en la superficie terrestre. Sin embargo, según datos de la Asamblea General de las Naciones Unidas, aproximadamente 884 millones de personas carecen de acceso al agua potable y más de 2600 millones de personas no tienen acceso al saneamiento básico [1]. Estos hechos son una de las causas por las que, de acuerdo con la OMS, las enfermedades diarreicas son la segunda causa de muerte de niños menores de cinco años. Cada año mueren 760.000 niños y niñas por esta causa, mientras que al mismo tiempo se pierden 443 millones de días lectivos a consecuencia de enfermedades relacionadas con el agua y el saneamiento, y tiempo dedicado a encontrar fuentes de agua de calidad por parte de adultos y adolescentes [2].

Según la OMS la mayoría de estas muertes se pueden prevenir mediante el acceso al agua potable y a servicios adecuados de saneamiento e higiene.

A pesar de que en la República Dominicana más de la mitad de la población tiene acceso a agua potable, la distribución de este bien es completamente insuficiente e ineficaz en el sur-oeste de la isla, donde la salud y la agricultura de los habitantes se ven gravemente afectados por la falta de agua en los períodos de sequía, y por fuertes inundaciones en las estaciones de lluvias. En la Figura 1.1 se muestra la disponibilidad de agua dulce en la República Dominicana, en comparación con el resto de países del mundo.

El origen de este proyecto surge de la vivencia en primera persona de una gran sequía en el sur de República Dominicana durante el verano de 2015, en el marco de las actividades cooperativas de la Asociación Sonríe y Crece.

Sonríe y Crece es una asociación de jóvenes españoles que tiene como objetivo favorecer el crecimiento educativo, social y humano de países en vía de desarrollo. Actúa presencialmente en Sabana Yegua (Azua, República Dominicana), y otros municipios de los alrededores durante los meses de julio y agosto, y durante el resto del año trabaja desde España para conseguir fondos para financiar los proyectos. La continuidad de los proyectos durante los meses en los que no hay voluntarios en el país está garantizada por

la presencia de un grupo de jóvenes dominicanos conocedores de los proyectos y la supervisión de éstos por parte de la Comunidad de San Pablo.

El trabajo de Sonríe y Crece en República Dominicana está dividido en tres programas que pueden resumirse en: fomento y mejora de la educación de niños y adolescentes, concienciación sanitaria y prevención de infecciones y otros síntomas, y, por último, mejora de las viviendas.

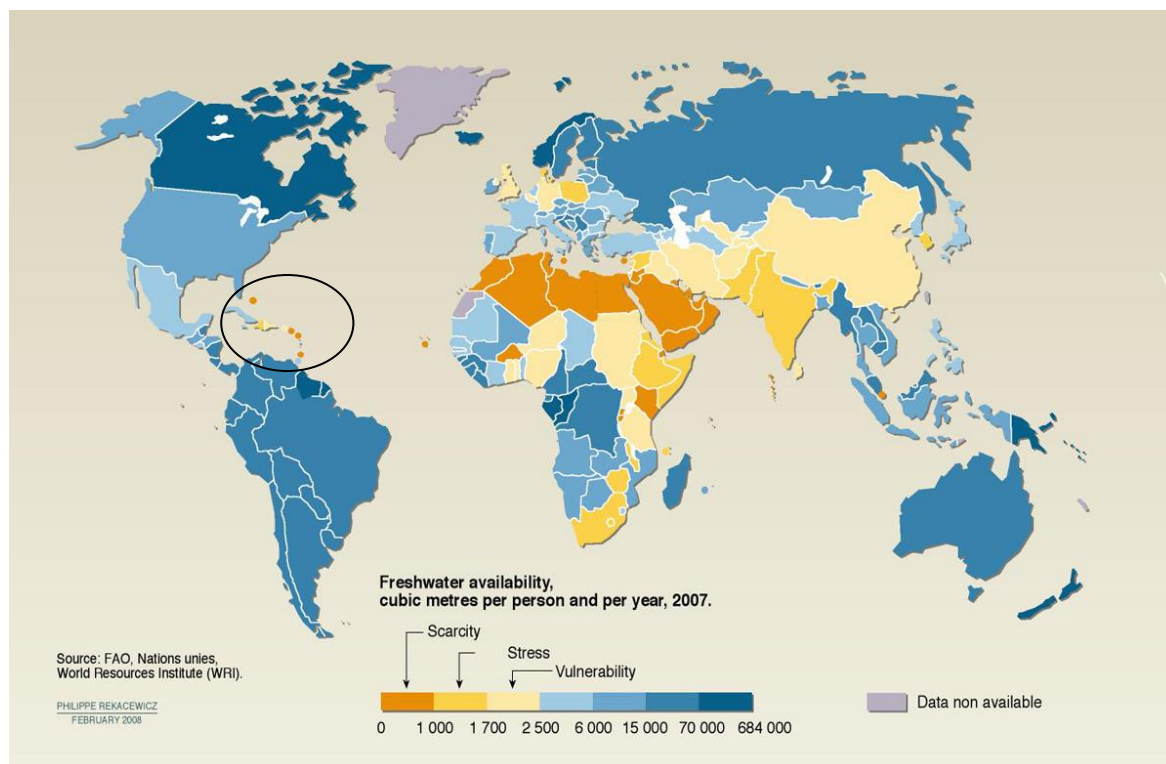


Figura 1.1. Disponibilidad de agua dulce por persona en cada país según datos de 2007 de la Organización de las Naciones Unidas [2]

1.2. Motivación

En el marco de la acción para el desarrollo por parte de Sonríe y Crece, este proyecto surge de la inquietud por mejorar la situación de las personas afectadas por las inclemencias del cambiante clima y por la falta de abastecimiento de agua en el barrio de San Francisco de Sabana Yegua, en el Sur de República Dominicana.

Después de 7 años de actuación de Sonríe y Crece en el sur del país, se ha comprobado que el difícil acceso a agua potable es una de las causas principales de la falta de los niños en la escuela, de infecciones y enfermedades por consumo de agua en mal estado, mínima

empleabilidad de las mujeres por ser las encargadas del agua en los hogares, etc.

Como dato para corroborar el aspecto de la insuficiente eficiencia de la distribución del agua, se ha estudiado, que alrededor del 30% de los niños de entre 7 y 15 años del barrio San Francisco, que están escolarizados, faltan a la escuela 2 de cada 5 días por la mañana para ir a buscar agua en las épocas de sequía. Esto supone una elevada falta de educación, que no solo se traduce en pérdidas económicas para las familias a largo plazo, sino en una baja calidad de vida, basada en la supervivencia del día a día.

Respecto a la calidad del agua que se utiliza en Sabana Yegua, se puede decir que no es potable. Concretamente, contiene gran cantidad de microorganismos infecciosos y parásitos intestinales como amebas. Esto hace que el agua deba ser correctamente tratada antes de ser ingerida, lo que en la mayoría de ocasiones no está presente en las costumbres de los hogares dominicanos. Por este motivo, algunas de las familias con menos recursos de Sabana Yegua están afectadas por infecciones estomacales y dermatológicas; es muy común la infección de heridas en los niños por mala limpieza de éstas.

Así pues, la motivación principal de este proyecto es encontrar una solución a las pérdidas que supone la insuficiente calidad del agua y su desigual distribución. Por estos motivos, el estudio y mejora de la distribución del agua y la calidad de ésta en Sabana Yegua, pretende ser una herramienta para aumentar la calidad de vida de los dominicanos, tanto a nivel logístico del día a día, como sanitario y educativo, y consecuentemente, también económico.

1.3. Requisitos previos

El año 2008 un grupo de jóvenes barceloneses creó Sonríe y Crece con el objetivo de mejorar la calidad de vida de los habitantes del Km 11 de la Carretera de Sánchez de la provincia de Azua (población conocida por sus habitantes como Sabana Yegua). A lo largo de estos años de cooperación en la zona, se han detectado distintas necesidades de las que han surgido proyectos diversos, des del campo de la educación hasta el de la ingeniería y la arquitectura.

Como resultado de los siete años de desarrollo de proyectos en la provincia de Azua, se ha colaborado estrechamente con la Comunidad de San Pablo, la cual ha realizado varios proyectos técnicos como la construcción de pozos supervisada por FUNDASEP, INDRHI e INAPA, entre otros.

La Comunidad de San Pablo, concretamente la Parroquia de la Sagrada Familia del Km 11

de Azua, ejerce desde la creación de la Asociación Sonríe y Crece, como vínculo entre los proyectos que continúan en curso durante el año y la Asociación Sonríe y Crece, cuando los voluntarios vuelven a Barcelona. Gracias a la Parroquia de la Sagrada Familia es posible hacer un seguimiento continuado de los proyectos e intervenir en caso de que sea necesario.

Concretamente para el proyecto que se va a iniciar con este estudio, se parte de la base de la experiencia personal de dos veranos de observación tanto del suministro del agua como de la reacción de la población y las autoridades en las épocas de sequía en el pueblo Sabana Yegua (Km 11 de Azua).

Juntamente con la capacidad tecnológica de la UPC y los conocimientos de la realidad de la zona de la asociación Sonríe y Crece y colaboradores dominicanos, se dará a este estudio la profundidad necesaria para que sea la base de un proyecto integrado en el desarrollo del pueblo de Sabana Yegua.

2. Introducción

2.1. Objetivos del proyecto

El estudio de la distribución y de la calidad del agua de Sabana Yegua que comprende este proyecto, tiene por objetivo principal realizar una contextualización del sistema de suministro de agua de la zona del Km 11 de Azua.

El objetivo general de esta contextualización es que sirva como base para acotar la viabilidad y determinar la necesidad real de la realización de un proyecto de mejora de la distribución del agua en el marco del programa Sonríe y Construye de la Asociación Sonríe y Crece.

Para el desarrollo de este proyecto los objetivos específicos serán los siguientes:

- Definir la zona de estudio: economía, cultivos, clima y acotación de las fuentes de agua de la provincia.
- Conocer la gestión del agua y los organismos públicos en República Dominicana.
- Estudiar el aspecto logístico de la distribución del agua, y más concretamente, cómo afecta a la calidad de vida de la población en cuanto a facilidad de obtención, y la calidad de ésta.
- Analizar la distribución del agua en los diferentes escenarios climatológicos de República Dominicana, tanto en casos de sequía como de lluvia tropical.
- Proponer soluciones que puedan mejorar el suministro actual de agua y su calidad.
- Evaluar las posibles mejoras a nivel económico, social y sanitario de la población.

La metodología del desarrollo de estos seis puntos se basará principalmente en la combinación a nivel teórico de los conocimientos técnicos de la UPC, con la experiencia en cooperación adquirida en la participación en proyectos para el desarrollo en la asociación Sonríe y Crece. Sin embargo, más allá de lo técnico, no se deben olvidar los aspectos sociales, económicos, políticos y culturales que afectan a este proyecto, por lo que tener en cuenta a los agentes locales será fundamental para el éxito de éste.

2.2. Alcance del proyecto

El estudio de este proyecto se centrará en el barrio de San Francisco, al norte del pueblo Sabana Yegua, el cual tiene grandes insuficiencias en lo que respecta a los servicios básicos en comparación con el resto del pueblo.

Este estudio tiene el objetivo de crear una base de conocimientos que permitan la evaluación de una necesidad y el desarrollo de un plan de actuación en un futuro. En este caso, la necesidad aparente consiste en la creación de un sistema de suministro de agua eficiente en todas las condiciones climatológicas de Azua, que permita un avance sustancial en la calidad de vida de los habitantes del barrio San Francisco de Sabana Yegua.

El hecho de que en las épocas de sequía se corte el suministro de agua, es una de las causas de que muchas familias de este barrio acudan a fuentes alternativas de agua como la compra a granel de ésta a camiones cisterna, o incluso que los niños inconscientemente acudan a los canales de regadío a buscar agua para consumo doméstico durante largas temporadas del año. Por este motivo, aunque el alcance del proyecto se reduzca al estudio de la distribución del agua doméstica, será necesario acotar las condiciones del agua de los canales de regadío y algunas aguas subterráneas para conocer con más exactitud en qué condiciones está el agua que algunas familias usan como agua de consumo doméstico.

La compilación de esta información, también pretende ser una herramienta para destacar la desigualdad existente entre las distintas zonas de la población de Sabana Yegua, y reivindicar los derechos de esta parte menos visible de República Dominicana.

3. Definición de la zona de estudio

3.1. Situación y localización de la problemática: el Llano de Azua

En este apartado se presenta una visión global del estado actual de la provincia de Azua, contextualizándola en República Dominicana, para posteriormente examinar la problemática concreta del agua.

República Dominicana es un país de 9,4 millones de habitantes (según el censo de 2010) [3] situado en la isla La Hispaniola, que comparte con Haití.

Como se puede observar en la Figura 3.1, la Hispaniola colinda en el este con Puerto Rico, al sur con el mar Caribe, al norte y al este con el Océano Atlántico, y al oeste con Cuba y Jamaica. Recibe este nombre porque fue el primer lugar de Las Américas colonizado por los españoles.



Figura 3.1. Selección del mapa político de América Central y el Caribe [4]

Actualmente, la situación política dominicana es estable, con un gobierno democrático. Sin embargo, República Dominicana ha sufrido a lo largo de su historia, varias invasiones haitianas y francesas, y desde 1931 hasta 1965 estuvo sumida en una dictadura, conocida

como la Era Trujillo. Ésta desembocó en una guerra civil a la muerte del dictador, con la posterior actuación de los EEUU para reestablecer el orden democrático. La historia política ha influido en el desarrollo del país y en la cultura de su población, que se ha traducido, especialmente en una fuerte intolerancia hacia su país vecino, Haití, y una buena relación económica con los Estados Unidos y España.

República Dominicana está dividida en 31 provincias, entre las que destaca su capital política y económica: Santo Domingo. En la Figura 3.2 se puede observar la ubicación de cada una de las provincias. Como se puede ver, Azua se encuentra al suroeste del país, a 110 Km aproximadamente de la capital.



Figura 3.2. Mapa geográfico de República Dominicana [5]

Por su situación geográfica, el clima de esta isla es predominantemente tropical, con época de lluvias torrenciales entre abril y agosto, las cuales suelen traer inundaciones. La zona más seca del país está al oeste de la isla, en la que de media pasan seis meses hasta que llegan las lluvias tras el inicio de la época de sequía. Éste es el caso de la provincia de estudio, Azua.

Azua es una de las provincias de mayor extensión, con 2.682,5 Km² [3]. Esta amplia superficie está delimitada por el mar Caribe al sur y por la Cordillera Central al norte. Las altas montañas de la Cordillera Central impiden el paso de los vientos cargados de agua

provenientes del norte de la isla afecten a Azua, provocando así que el sur de esta provincia tenga un clima muy árido. Así pues, la región sur oeste de la provincia azuana es conocida como el árido Llano de Azua; éste tiene una superficie de 400 Km² y una longitud este-oeste de 70 Km.

República Dominicana tiene un PIB nominal de 66.575 millones de dólares US\$ [6] sus actividades económicas principales son la agricultura, el comercio exterior, los servicios, la explotación minera, la industria y el turismo. A pesar de que la agricultura constituya la contribución más significativa en cuanto a consumo interno de República Dominicana, este país es el principal destino turístico del Caribe, lo que causa que los ingresos que este mercado ofrece supongan la mayor fuente de ganancias del país (15% del PIB). A continuación, en la Figura 3.3 se puede observar la composición sectorial del PIB de la República Dominicana.

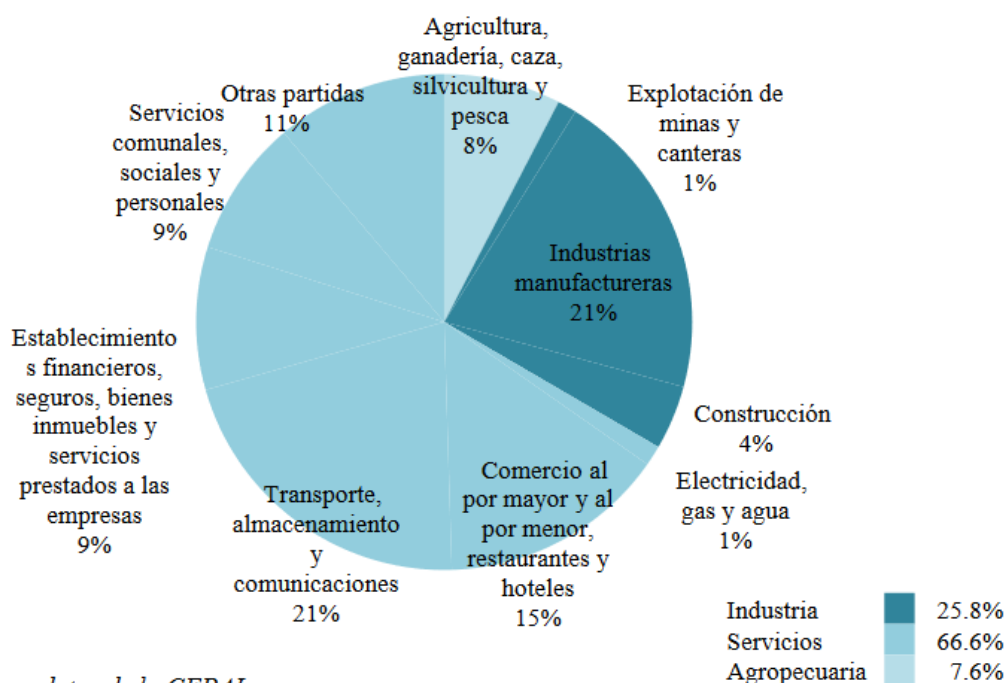


Figura 3.3. Composición sectorial del PIB de la República Dominicana, 2013 [7]

La República Dominicana ha experimentado una rápida urbanización: en los últimos 30 años, la población total se ha duplicado y la población urbana se ha triplicado, lo cual pone una enorme presión sobre las ciudades. Aumenta diariamente la demanda de servicios ambientales básicos de abastecimiento de agua, la recolección de residuos sólidos y su eliminación.

El limitado acceso a un sistema de saneamiento ha provocado la contaminación de las aguas subterráneas, y también existen problemas de contaminación de las aguas

superficiales por vertidos urbanos, vertidos industriales y contaminación agraria.

Las condiciones semidesérticas del Llano de Azua marcan la a economía de esta provincia, que lejos de ser turística, se basa principalmente en la agricultura de minifundios. En las zonas rurales destacan los cultivos de banana, habichuelas, raíces como la yuca, cebolla y cereales, los cuales se trabajan con tecnologías rudimentarias como el arado manual o con burros, machete y hacha. Solo pocas compañías exportadoras son propietarias de las grandes extensiones fértiles de tierra, en las que cultivan tomates de manera industrial para los grandes comercios nacionales e internacionales, para los que usan tecnología combinada más mecanizada que la de los minifundios rurales [8].

Esta desigualdad entre los gigantes agricultores y los pequeños agricultores rurales de minifundios no es casualidad. A pesar de que la existencia de la ciudad Azua de Compostela (actual capital de la provincia), es histórica, la zona rural del oeste de la provincia estaba prácticamente despoblada por la sequedad de sus tierras hasta el año 1980.

Con motivo de la creación de INDRHI, un año antes, se iniciaron diversos proyectos de construcción de presas en República Dominicana con la finalidad de mejorar la productividad agrícola, aumentar la generación de energía hidroeléctrica y controlar las inundaciones. Uno de estos proyectos consistió en la construcción de la Presa Sabana Yegua, situada en una zona donde originalmente estaba el pueblo que lleva su nombre, Sabana Yegua, en el Valle de Azua, a 53 Km al noreste de la ciudad de Azua y 160Km al oeste de Santo Domingo. Al iniciar las obras de construcción en 1979, el pueblo entero de Sabana Yegua junto con otros de menor tamaño, fue trasladado al Km 11 de Azua en el árido Llano de Azua, donde se encuentra actualmente. Sin embargo, este traslado fue interrumpido por la irrupción del Huracán David provocando el desalojo prematuro de la población.

Este movimiento formó parte del llamado Proyecto Ysura, a través del cual, canalizaciones de agua fueron conducidas hacia las nuevas poblaciones para aumentar la fertilidad de las tierras secas que habían sido pobladas a causa del traslado de las poblaciones para la construcción de la presa de Sabana Yegua.

Actualmente, tal y como se puede observar en la Figura 3.4, existen gran cantidad de asentamientos en las inmediaciones de la zona oeste de Azua, en el llamado Llano de Azua, ocupando parcelas históricamente secas. La construcción de canales para los sistemas de regadío ha aportado grandes mejoras en el terreno y han permitido una subsistencia a base de agricultura. Sin embargo, esta reforma en el sistema de distribución del agua también ha tenido efectos negativos como el aumento del nivel freático, lo que provoca un mayor peligro de inundaciones en la época de lluvias.

A pesar de esto, la escasez del agua va en aumento en esta zona, principalmente a causa del excesivo consumo en las zonas urbanas, la falta de una gestión de la demanda (tarifas bajas, bajo porcentaje de micromedición, limitada sensibilidad en cuanto al medio ambiente), y la degradación de las cuencas de agua. Este último factor ocurre principalmente en las secciones más bajas de la mayoría de las cuencas costeras, como es el caso de la provincia de Azua, haciendo que las zonas rurales se vean gravemente afectadas.

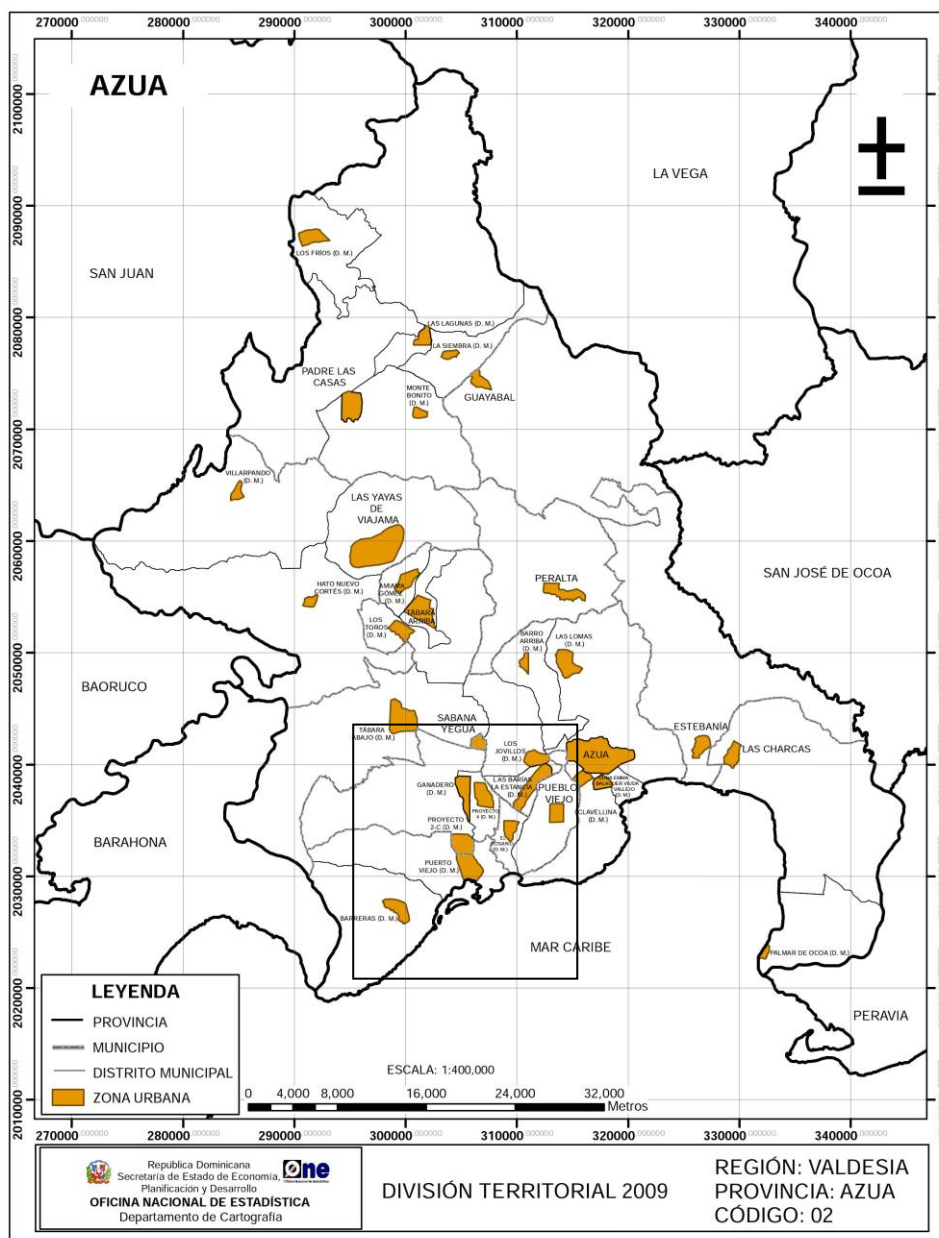


Figura 3.4. Zonas urbanas de la provincia de Azua [9]

Por otro lado, la problemática más característica de la provincia de Azua, no es solo la escasez de agua, sino también la falta de educación y la desestructuración familiar, que afectan a gran parte de la población rural. Según datos del IX Censo Nacional de Población y Vivienda del año 2010 [3], un 24,27% de la población rural de Azua es analfabeta.

Actualmente el gobierno dominicano ha puesto en marcha diversos planes para combatir, por un lado, la analfabetización, y por otro la falta de tierras de cultivo de los habitantes de la zona rural de Azua.

Con el plan nacional “Quisqueya Aprende Contigo” [10] se quiere formar a jóvenes y adultos para lograr superar el analfabetismo en las comunidades dominicanas en un plazo de dos años, especialmente en las provincias fronterizas del Sur, donde se concentra la mayor cantidad de personas analfabetas: Pedernales (36,67%), Elías Piña (35,80%), Independencia (25,92%), Azua (24,27%), etc.

En el ámbito agropecuario, dado que gran parte de las comunidades de esta zona llegaron hace menos de 35 años tras una expropiación de tierras para la construcción de la presa de Sabana Yegua, muchos de los habitantes de Llano de Azua carecen de tierras propias para sembrar. El gobierno prometió a estas comunidades una reasignación de tierras para fomentar la igualdad y aumentar la superficie agraria del Llano de Azua. Así pues, actualmente el gobierno dominicano, a través del Instituto Agrario Dominicano (IAD), está repartiendo los llamados “Títulos Definitivos” a las familias de Azua para que puedan cultivar sus propias tierras [11]. Esta acción gubernamental, también conocida como la “Revolución Agraria” permite un aumento del valor de las tierras, asegura la posibilidad de acceso a crédito por parte de los productores, y un aumento de la competitividad y de la producción local.

La repartición de tierras ha ido acompañada de la construcción del Canal Ysura, que canaliza las aguas para regadío provenientes del Río Yaque del Sur. Sin embargo, esta agua no es potable ni, en la mayoría de los casos, es adecuada para uso humano por su gran contaminación. Así pues, a pesar de que la irrigación esté en gran parte solucionada, el difícil acceso a agua potable y saneamiento de algunas zonas del Llano de Azua hace que en épocas de sequía los habitantes con menos recursos tengan que dedicar mucho tiempo al transporte de agua apta para consumo humano, o bien, deban pagar el agua a un precio insostenible para sus condiciones económicas o se resignen a consumir el agua destinada a regadío. En la Figura 3.5 se muestra una imagen del Canal Ysura en su paso por Sabana Yegua, la población de estudio en el Llano de Azua.



Figura 3.5. Imagen del Canal Ysura en su paso por Sabana Yegua. Fuente: elaboración propia.

Para finalizar con la caracterización del Llano de Azua, es necesario hablar de inmigración. Ésta constituye una de las principales preocupaciones del gobierno dominicano. En las últimas décadas República Dominicana ha hecho avances realmente significativos en su desarrollo, y actualmente su PIB nominal es de 6.330 US\$ per cápita, muy superior al de Haití, que es de 1.800 US\$ per cápita [6]. Estos dos países, a pesar de compartir isla, han tenido oportunidades de desarrollo muy distintas, principalmente causadas por el terremoto de 2010 que afectó a gran parte de la superficie del país haitiano, dejándolo completamente devastado. Desde entonces, la población haitiana, que antes del terremoto ya era una de las más pobres del planeta, se ha sumido en un desastre del que intenta salir sin mucha suerte por el abuso de poder, corrupción y caos que rigen el país. La solución para ellos está entonces en, si tienen la oportunidad, emigrar al país vecino: República Dominicana.

Sin embargo, el flujo migratorio de haitianos no es el único del país, es importante tener

presente que el 7% del PIB de República Dominicana está compuesto por las remesas familiares¹ [12]. Esta es una de las razones por la cual en la población rural dominicana predominan los hombres, ya que muchas mujeres en edad de trabajar, se van a otro país si les surge la oportunidad.

Dado que Azua está situada a escasos kilómetros de la frontera, está poblada con gran cantidad de emigrantes haitianos. Las diferencias culturales entre haitianos y dominicanos, causa que éstos no sean tolerados para trabajos dignos, y que esté comúnmente aceptado que su sueldo en comparación con el de un dominicano sea menor. Así pues, las posibilidades de los emigrantes haitianos quedan reducidas a la vida en barrios marginales y un trabajo de jornalero que a duras penas les da para comer en las épocas de bonanza.

3.2. Sabana Yegua y el barrio San Francisco

La zona de estudio de este proyecto tiene lugar, concretamente, en el barrio San Francisco, una zona marginal del pueblo rural Sabana Yegua.

De los 10.000 habitantes de Sabana Yegua, alrededor de 1.300 habitan en San Francisco. Los servicios públicos del barrio San Francisco constan de un centro de nutrición, un centro salud y una escuela.

En San Francisco no hay saneamiento ni suministro de agua ni en las calles, ni en las viviendas, y la luz llega a algunas casas que han conseguido hacer un empalme con los cables que llegan de los barrios más ricos. La mayoría de viviendas son de lata, madera o barro. Desde hace poco, la parroquia del pueblo ha puesto en marcha un proyecto de construcción de letrinas en las casas para mejorar la higiene de estas familias, pero es un proyecto todavía en construcción, de manera que una de las principales deficiencias de este barrio de Sabana Yegua es la sanitaria.

Dado que las capacidades económicas de las familias trasladadas son muy dispares, en el núcleo urbano que creó el gobierno dominicano se han ido formando barrios distintos en función del nivel adquisitivo de las familias que los habitan. El gobierno ha facilitado la construcción de algunas escuelas y ha pavimentado las calles más importantes, sin embargo, la construcción de los hogares depende de cada familia.

La mayoría de la población trabaja en la agricultura, principalmente en el monocultivo del plátano, aunque no son propietarios de la tierra, simplemente jornaleros, por lo que no

¹ Dinero que es enviado desde otros lugares del mundo por dominicanos que han emigrado, a sus familiares.

tienen trabajo diario asegurado. Los ingresos familiares son cercanos a los 60 € mensuales y como muchas familias no tienen cómo sobrevivir se produce un efecto migratorio sustancial entre los jóvenes hacia Santo Domingo, la capital.

Dado que en San Francisco no hay centros de atención sanitaria adecuados, y dada la ausencia de agua potable para el consumo y la limpieza (así como falta de hábitos para ello), son abundantes las infecciones gastrointestinales y dermatológicas.

En el ámbito educativo, el 46% de los habitantes de la zona son menores de edad y su escolarización es deficiente. A pesar de que hay dos escuelas públicas en los alrededores del barrio, la calidad de la enseñanza no es suficiente. Además, hay muchos niños que no pueden ir al colegio porque no tienen uniforme escolar o material básico, requisito exigido por las escuelas. Asimismo, en muchas familias los niños no tienen certificado de nacimiento, por lo que no tienen derecho a inscribirse en el colegio. Aproximadamente el 30% de los niños en edad escolar no van al colegio, y un 30% de los adultos son analfabetos.

Del barrio de San Francisco hay tres aspectos característicos que afectan singularmente a la manera de vivir de sus habitantes:

En primer lugar, Azua tiene la tasa más alta de embarazos en adolescentes (niñas entre los 10 y los 18 años), el 37% de las adolescentes de esta zona están o han estado embarazadas, mientras que el promedio del país es del 20,6% [13]. Esto causa inestabilidad en las familias y una gran cantidad de abandono escolar. Cabe destacar que, en las zonas rurales como San Francisco, la figura de la mujer no se considera de la misma manera que la del hombre en cuanto a las tareas domésticas y aptitudes para el trabajo.

En segundo lugar, dado que gran parte de los habitantes de San Francisco tienen origen haitiano, es muy común la asociación de inclemencias climatológicas, enfermedades, u otras ocurrencias del día a día a creencias de la cultura vudú, muchas veces mezcladas con aspectos de la cultura dominicana. Así pues, esto, junto con la alta tasa de analfabetismo, contribuye a la falta de hábitos y poca sensibilización de la sociedad en cuanto a sanidad y conservación del agua.

Finalmente, debido a que San Francisco es la parte más elevada de Sabana Yegua, y sus habitantes son los más desatendidos principalmente por no poder pagar impuestos y por su situación marginal, no se ha dispuesto de ninguna bomba para subir el agua del acueducto del pueblo hasta el barrio de San Francisco. Así pues, no existe actualmente ninguna canalización de agua para consumo doméstico, solamente hay un canal de regadío abierto. Por lo tanto, se da la singularidad de que el barrio más marginal, sin canalización de agua apta para consumo humano, se encuentra justamente alrededor del canal de regadío. De

tal manera que existen tres opciones para conseguir agua: la primera es comprarla embotellada, la segunda es comprarla a granel de un camión que la trae de algún punto de la canalización de los barrios más ricos, y, por último, cogerla del canal de regadío.

En San Francisco la situación económica es muy precaria, especialmente en época de sequía, esto hace que la primera opción (comprar el agua embotellada), sea difícilmente asequible para ellos. El agua a granel que proporciona el camión cisterna es de composición incierta, y fácilmente se contamina a causa del largo trayecto para su distribución y las condiciones en la que esto se realiza. Finalmente, aunque la toma del agua del canal para ingesta, es algo que ocurre esporádicamente, y generalmente, ésta es filtrada previamente a su consumo, está altamente contaminada, por lo que su ingesta puede tener graves consecuencias para la salud.

A continuación, se profundizará en las fuentes de agua dulce de Sabana Yegua y los accesos a agua de los habitantes del barrio San Francisco.

3.3. Caracterización hidrometeorológica

La climatología en el Llano de Azua es seca y esteparia, mientras que, en el norte de la provincia, en la antigua ubicación de Sabana Yegua (actual localización de la presa), el clima es tropical lluvioso.

Con una media de apenas 53 días de lluvia al año, existen dos períodos de lluvia: primavera, y otoño (principalmente en mayo y octubre respectivamente).

En la capital de provincia, Azua de Compostela, la precipitación anual² es 720 mm. En la Figura 3.6 se puede observar la fluctuación de las precipitaciones a lo largo del año, así como la de la temperatura, que tiene una variación anual de 3,3 °C.

² Los datos pluviométricos pueden medirse en mm, que equivalen al grosor de la capa de agua que se formaría en una superficie plana e impermeable de un metro cuadrado. 1 mm equivale a 1 L/ m².

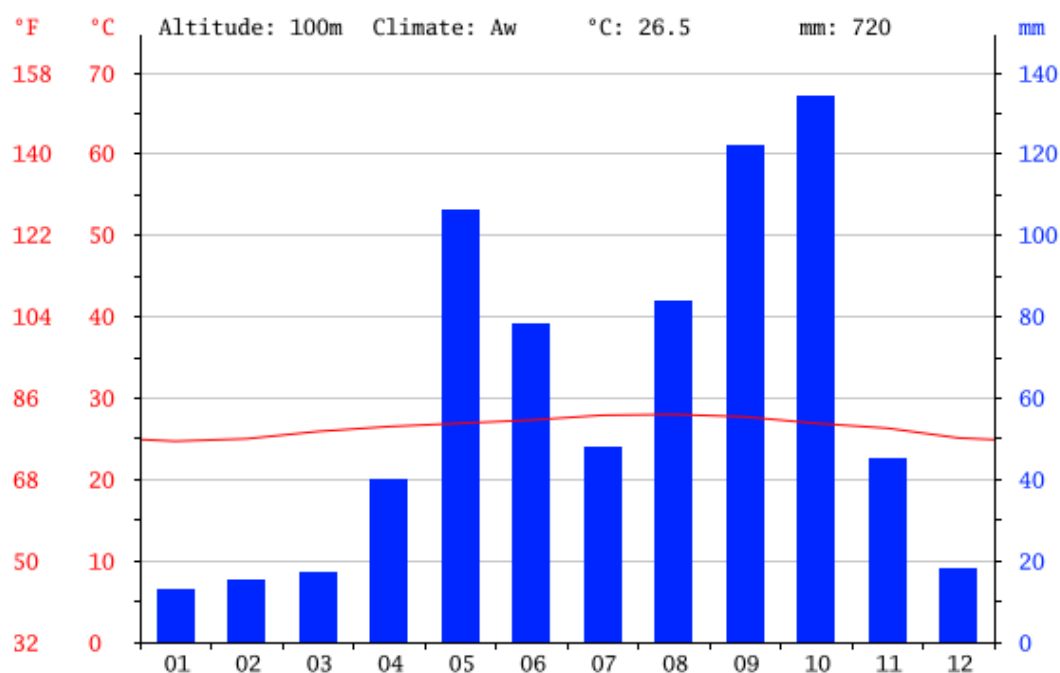


Figura 3.6. Datos pluviométricos de Sabana Yegua [14].

La temperatura media anual en Sabana Yegua es de 26.5 °C, y tal y como se muestra en la Figura 3.6, el mes más seco es enero, con 13 mm, mientras que las precipitaciones en octubre llegan a los 134 mm en total.

La climatología en el Llano de Azua, no solamente se caracteriza por épocas de sequía y lluvias, sino que, además, la época de lluvias no siempre está garantizada. El cambio climático está causando grandes estragos en la disponibilidad de agua del sur de la Hispaniola, haciendo que la llegada de la lluvia sea incierta cada año.

Además, por su situación geográfica, la Hispaniola es una isla que no se salva de las amenazas hidrometeorológicas: está localizada en la trayectoria de huracanes y tormentas tropicales. La temporada de huracanes dura desde junio hasta noviembre, aunque según estudios de la Oficina Nacional de Meteorología [14] se observa mayor ocurrencia de huracanes entre finales de agosto y mediados de octubre, coincidiendo con la segunda época de lluvias del año.

El Servicio Meteorológico de los Estados Unidos [15], ha estudiado que la República Dominicana ha sido afectada aproximadamente cada dos años por un fenómeno de baja presión.

La distribución de las lluvias generalmente obedece a la elevación del aire húmedo,

combinado con la trayectoria de huracanes y tormentas, y al ascenso por calentamiento del aire sobre áreas bajas y llanas, como es el caso del Llano de Azua.

En la Figura 3.7 se muestra una evaluación ambiental participativa a nivel nacional que se organizó en motivo del Programa de Prevención de Desastres en el año 2000 [16] El objetivo de ésta es la de conocer la naturaleza y dinámica de las amenazas asociadas a fenómenos naturales y los factores que contribuyen a incrementar la vulnerabilidad de su entorno. Tal y como se puede apreciar, Azua es la provincia más vulnerable a este tipo de amenazas.

PROVINCIAS	HURACANES			SISMOS			INUNDACIONES			SEQUÍAS		
AMENAZA	ALTA	MEDIA	BAJA	ALTA	MEDIA	BAJA	ALTA	MEDIA	BAJA	ALTA	MEDIA	BAJA
AZUA	●			●			●			●		
BAHORUCO		●		●				●			●	
BARAONA	●			●			●				●	
ELIAS PIÑA			●			●			●			●
INDEPENDENCIA		●		●					●	●		
PEDERNALES	●			●					●	●		
PERAVIA	●			●			●					●
SAN JUAN			●		●		●					●

Vulnerabilidad alta: amenaza alta + uno o más elementos vulnerables | amenaza media + tres o más elementos vulnerables.
 Vulnerabilidad media: amenaza media + uno o más elementos vulnerables | amenaza baja + tres o más elementos vulnerables.
 Vulnerabilidad baja: amenaza baja + uno o más elementos vulnerables.

Figura 3.7. Nivel de vulnerabilidad manifiesta, por provincias, a amenazas por huracanes, sismos, inundaciones y sequías [16].

Para caracterizar más concretamente las cambiantes condiciones climáticas que tienen lugar en Azua, a continuación, se muestran en la Figura 3.8 y en la Figura 3.9 dos situaciones totalmente contrarias que han tenido lugar en el Llano de Azua con un año de diferencia: en mayo de 2016 y en mayo de 2015 respectivamente.

Durante la época de lluvias del año 2015, Azua pasó dos meses enteros sin lluvia (prácticamente 0 mm de precipitación durante los meses de mayo y junio) afectando, tanto al consumo humano de agua como a los cultivos. Por un lado, los más de 4.000 productores que se benefician de las aguas que maneja la Junta de Regantes de Ysura, de 34 m³/s de agua que reciben normalmente de la cuenca del río Ysura, tan solo recibieron 12 m³/s, se estima que poco más del 40% de las parcelas fueron productivas en 2015 en el Llano de Azua [17]. Además, dado que la presa de Sabana Yegua estaba casi vacía, el suministro de agua potable quedó gravemente afectado; en el contraembalse podían verse docenas de camiones abasteciéndose de agua lodosa para venderla en las poblaciones

donde la proporcionada por el INAPA, no era suficiente para todos los habitantes (Figura 3.8)



Figura 3.8. En Villalpando, Azua, los habitantes hacen filas para abastecerse de agua, debido a la prolongada sequía que azota la región Sur en mayo de 2015 [17]

Sin embargo, durante el mayo de 2016, no solo llovió, sino que ocurrió en cantidades muy superiores a lo que las infraestructuras azuanas podían soportar. De los 113 mm de agua que llueven en total de media en mayo en Azua, durante el mayo de 2016 cayeron hasta 126 mm en 24h. Tal y como se puede apreciar en la Figura 3.9, las calles se colapsaron de agua en el Llano de Azua y muchas poblaciones quedaron aisladas. El exceso de agua no solo afectó al curso normal del día a día azuano, paralizando todo tipo de actividades, sino que destruyó plantaciones enteras y muchas viviendas quedaron en mal estado [18]



Figura 3.9. Lluvias torrenciales inundan el Llano de Azua en mayo 2016 [19]

El problema principal que causaron las inundaciones fue el crecimiento excesivo de los ríos Tábara y Vía, y la de los Canales de riego derivados del río Yaque del Sur, que provocó la salida del agua de su cauce, afectando principalmente a las poblaciones cercanas. Las inundaciones también afectaron al sistema de distribución de agua de los acueductos subterráneos de Sabana Yegua, cuyo suministro de agua se tuvo que cortar.

3.4. Caracterización hidrogeológica

3.4.1. Aguas superficiales

Tal y como se detalla en el apartado 3.2 (Caracterización hidrometeorológica), República Dominicana recibe una precipitación de $73 \text{ Km}^3/\text{año}$ ³, cifra notable teniendo en cuenta que la superficie de este país es de 50 Km^2 aproximadamente ($1,5 \cdot 10^6 \text{ L/ m}^2$). Sin embargo, debido a las condiciones climáticas de la Hispaniola, existe una elevada evapotranspiración que puede llegar a los $47 \text{ Km}^3/\text{año}$, esto hace que, dado que la lluvia es la única fuente de recursos hídricos de la isla, el volumen total de agua aprovechable cada año quede en $26 \text{ Km}^3/\text{año}$.

Según los estudios de INDRHI, el 90% del agua aprovechable se encuentra en la superficie, mientras que el 10% restante, son aguas subterráneas.

³ Datos extraídos del balance hídrico realizado por el INDRHI en 2007 para la realización del Plan Hidrológico Nacional.

La distribución de agua superficial y subterránea en la isla es muy desigual. Tal y como se muestra en la Figura 3.10, la cuenca del río Yaque del Sur, en la que se encuentra el Llano de Azua, es la que tiene más disponibilidad de agua teniendo en cuenta tanto las aguas superficiales como las subterráneas.

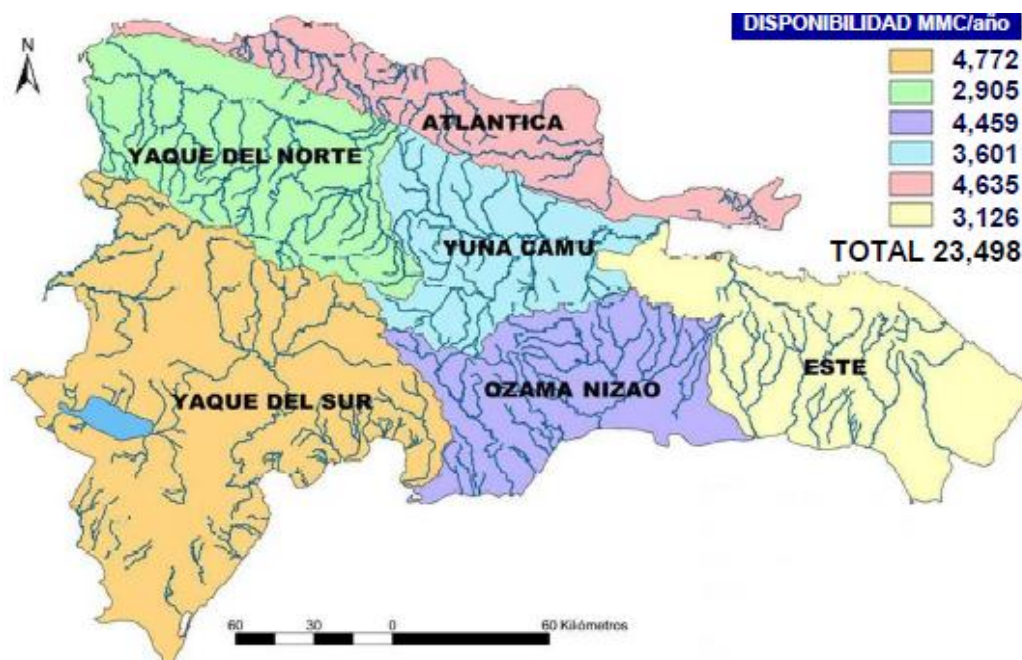


Figura 3.10. Disponibilidad de agua en las distintas regiones hidrográficas [20]

A pesar de esta mayor disponibilidad territorial del agua, hay que tener en cuenta la presión hidrográfica, es decir, la demanda de agua en cada zona respecto a la cantidad de agua disponible.

Así pues, aunque la disponibilidad potencial de agua colocaría la República Dominicana en la franja de los países que se encuentran por encima del “umbral de seguridad del agua”⁴, que resulta del potencial hídrico, los datos de “disponibilidad segura” (disponibilidad de agua al menos el 80% del año), que dependen tanto de la situación geográfica de cada región, como de la capacidad existente de obras de regulación y reaprovechamiento de las fuentes de agua, no permiten deducir las mismas conclusiones (ver Figura 3.11).

De tal manera que, considerando tanto la falta de lluvias como la limitada disponibilidad de reaprovechamiento y regulación de agua, se puede observar que el Llano de Azua es una de las zonas de la región del Yaque del Sur con mayor presión hidrográfica, también llamado Stress Hídrico.

⁴ Se considera que un país está por encima del umbral de seguridad si dispone de 1700 m³/año per cápita.

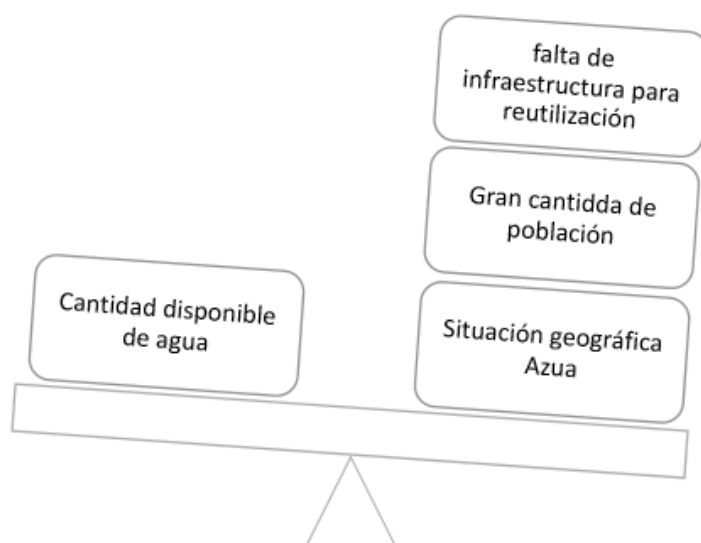


Figura 3.11. Balanza de las principales causas de Stress Hídrico de Azua. Fuente: elaboración propia.

En la región oeste del Llano de Azua hay tres ríos: Vía, Jura y Tábara, cada uno con sus particularidades:

El río Vía es estacional y tiene una importancia limitada a nivel regional dado que gran parte del tiempo permanece seco, éste se encuentra a 15 Km de Sabana Yegua.

El río Jura se caracteriza al contrario por una extensión importante (49 Km) y por ser el más caudaloso, sin embargo, está seco en sus últimos 15 Km. Está a una distancia de 20 Km aproximadamente de Sabana Yegua, es perenne en dos tercios de su recorrido.

Finalmente, el río Tábara, es el más cercano al área de estudio; se encuentra a 14 Km de Sabana Yegua. Éste es un río cuyo régimen hidrológico está totalmente distorsionado por los efectos de los sistemas de canalización que llegan desde el río Yaque del Sur, así pues, no puede ser clasificado como perenne.

Se hace evidente que las canalizaciones y acueductos a nivel regional juegan un papel determinante en la influencia de la marcha de los ríos, especialmente del Tábara. Asimismo, el paso del río Yaque del Sur en la extremidad sur-oeste del mapa hidrogeológico que se muestra en la Figura 3.12, resulta marginal en cuanto a distancia respecto a Sabana Yegua, sin embargo, representa la alimentación de los canales y acuíferos de gran parte del Llano de Azua.

El río Yaque del Sur, pasa a unos 50 Km de la población de estudio. Éste cuenta con la tercera cuenca hidrográfica más importante de la República Dominicana, tiene una superficie de más de 5000 Km² y 180 Km de longitud. Su caudal oscila entre los 40 m³/s, por este motivo, este río es el que abastece la presa de Sabana Yegua, de la cual

posteriormente se han derivado canales de regadío y acueductos repartidos por la provincia de Azua para suministrar agua a las poblaciones. En la Figura 3.12 se pueden observar los principales afluentes del Río Yaque del Sur y la presa de Sabana Yequa.



Figura 3.12. Parte del mapa hidrográfico de la provincia de Azua, [20]

Con la construcción de la presa de Sabana Yegua, y el traslado de la población a su localización actual, se construyeron canalizaciones hacia la región del “nuevo Sabana Yegua” para propiciar el cultivo de las tierras y el acceso a agua por parte de los habitantes.

El canal de riego principal que llega hasta la población de Sabana Yegua recibe el nombre de canal Ysura. Aporta un caudal de 8 m³/s de agua en las épocas de bonanza, y pasa justo por el barrio San Francisco, que es el más cercano a las parcelas de cultivo. Éste canal ha cambiado la economía de Azua, y donde se han establecido varias importantes agroindustrias productoras de tomate, especialmente.

A pesar de que el agua del canal no esté destinada a consumo humano, ésta no recibe ningún tipo de tratamiento para su potabilización, lo que causa que a medida que avanza su cauce, las aguas están cada vez más contaminadas, debido principalmente a dos motivos:

- En primer lugar, la contaminación del canal Ysura se debe a la falta de cultura respecto a los residuos domésticos en las zonas rurales, en las que a duras penas

se hace recogida de basura. Lo más habitual en estos lugares, es “botarla” al canal o por los matojos, o en algunos casos, quemarla.

- Por otro lado, el paso de las aguas por las zonas de cultivo intensivo hace que éstas reciban parte de los productos químicos que se usan como pesticidas. El cultivo intensivo que se realiza en mayor escala en las cercanías del canal Ysura es el de tomate industrial. En el capítulo 1 del anexo se recoge un listado de los plaguicidas utilizados en la zona de Azua para combatir las plagas que afectan al tomate.

3.4.2. Aguas subterráneas

Como se puede observar en la Figura 3.13, la región del Llano de Azua está formada por suelo volcánico, y se encuentra sobre un abanico aluvial, es decir, el subsuelo está formado por rocas sedimentarias en las que se filtra gran cantidad de agua y es muy poco frecuente la existencia de aguas superficiales a causa de la alta infiltración de agua. En el capítulo 2 del anexo se muestra un estudio geológico del tipo de suelo de esta zona y las consecuencias agropecuarias que esto conlleva.

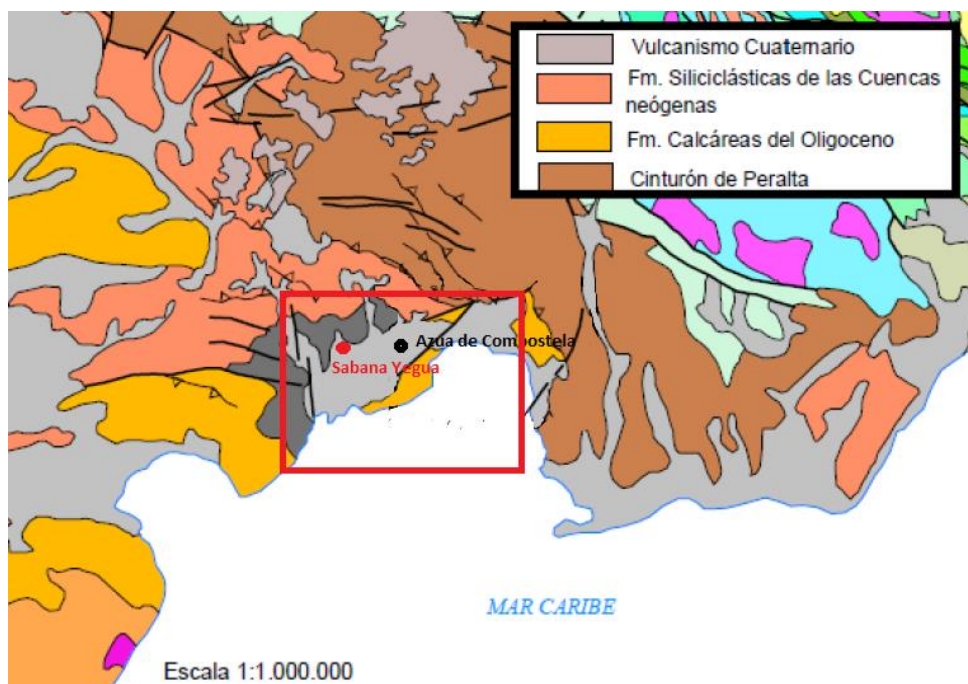


Figura 3.13. Esquema geológico regional del Llano de Azua y sus alrededores [21]

Generalmente, al tratarse de un abanico aluvial seco, el escurrimiento⁵ es esporádico, ya

⁵ Fenómeno que ocurre cuando la cantidad de precipitación es superior a la capacidad de absorción del suelo y la evapotranspiración. El análisis de la escorrentía permite controlar inundaciones.

que las precipitaciones en las épocas de lluvia quedan completamente asimiladas por la infiltración y la evapotranspiración, dando lugar a un nivel freático⁶ determinado que da estabilidad a la región.

Sin embargo, con la construcción de la presa de Sabana Yegua en 1979, y la simultánea construcción de canalizaciones de agua para irrigación procedentes del río Yaque del Sur, las características hidrogeológicas del llano de Azua cambiaron drásticamente, desestabilizando la región azuana.

El principal cambio que ha sufrido la zona de Sabana Yegua, ha sido la construcción del canal de regadío, conocido como Canal Ysura. Con el paso de éste, y el uso humano que se le da para irrigar las zonas de cultivo, las tierras del oeste de Azua han dejado de ser tan áridas y yermas, para empaparse de agua de manera que su nivel freático ha aumentado. Este hecho causa que en la época de lluvias la escorrentía haya aumentado considerablemente, siendo ahora una zona más propensa a inundaciones.

Así pues, las características del acuífero de Sabana Yegua están marcadas por los cambios drásticos a lo largo del tiempo (época de lluvias, riego continuado de las tierras, sequía por la alta absorción y evapotranspiración cuando no hay riego, etc.), lo que causa que la disponibilidad del agua sea muy inestable.

3.5. Agua y saneamiento

La República Dominicana muestra grandes diferencias en cuanto a la cobertura de agua y los servicios de saneamiento.

Las posibilidades de acceso a los servicios de agua potable y saneamiento de las familias dominicanas son reducidas: el 56% de los hogares cuenta con conexiones domiciliarias de agua y solamente el 20% de las familias tienen servicio de alcantarillado.

3.5.1. Acceso a agua

El acelerado crecimiento de la población en República Dominicana, y las limitaciones económicas de gran parte de la población, es una de las causas de que muchas personas vivan a orillas de ríos, arroyos y cañadas sin adecuados servicios de agua potable ni alcantarillados. Esto provoca una creciente contaminación de las aguas superficiales, y consecuentemente, cada vez es menor la disponibilidad de agua potable en los pueblos.

⁶ Nivel freático: distancia a la que se encuentra el agua del subsuelo (acuífero) de la superficie del terreno.

Esta contaminación desmesurada, es la causa, también, de que el tratamiento para potabilizar las aguas superficiales tenga un coste muy elevado, y que, por lo tanto, el precio de comercialización de esta agua, también lo sea. A continuación, en la Figura 3.14, se puede observar la enorme contaminación que sufren las aguas de una cañada derivada del Río Ozama, cercano a la capital.



Figura 3.14. Contaminación de las aguas por basuras y lixiviados⁷ en República Dominicana [22]

Además, la escasez de agua crece cada vez más por tres motivos: en primer lugar, por la falta de una gestión eficiente de la demanda en las zonas rurales, en segundo lugar, por el excesivo consumo en las áreas urbanas, y finalmente, por la degradación de las cuencas de agua.

Una de las consecuencias de la creciente escasez de agua, es la discontinuidad de este servicio. Solamente el 10,5% de la población dominicana con conexión a las redes de distribución de agua, tiene una disponibilidad continua de ésta; habitualmente, se realizan cortes de agua durante el día para reducir el consumo de agua.

3.5.2. Gestión de los servicios de abastecimiento de agua y saneamiento

La gestión del agua en el país ha ido evolucionando según las necesidades de cada momento. A mediados del siglo pasado, la gestión se focalizó en la construcción de presas, acueductos y sistemas de riego con el objetivo de satisfacer la demanda. También se inició una política de subsidios para los agricultores, pero sin la realización de una planificación

⁷ Líquido que se filtra a través de los residuos sólidos en descomposición y que extrae materiales disueltos o en suspensión, puede tratarse de una solución de materiales biológicos o de constituyentes químicos [23].

integral del recurso. Las obras realizadas aún sirven de soporte económico de muchas regiones.

Sin embargo, dado que no se impulsó un crecimiento sostenible, uno de los principales defectos en la gestión de servicios de abastecimiento de agua y saneamiento en la República Dominicana es que las funciones y la formulación de políticas reguladoras están altamente fragmentadas. Por este motivo es fácil la aparición de conflictos por el uso de los recursos disponibles, así como la falta de una regulación conjunta en los aspectos económicos. Cabe destacar cuatro entidades relevantes:

- Secretaría Técnica de Presidencia, responsable de formulación de políticas.
- Secretaría de Estado de Salud Pública y Asistencia Social (SESPAS), encargado de la normativa de la calidad del agua potable.
- Secretaría del Medio Ambiente e INDRHI, son corresponsables de determinar los límites de descarga de desechos residuales.
- Dirección General de Normas y Sistemas de Calidad (DIGENOR), aprueban las normas de calidad.

En lo referente al abastecimiento de agua y saneamiento, existen dos sistemas diferenciados en República Dominicana. Por un lado, en algunas las grandes ciudades, estos servicios son proporcionados por distintas empresas regionales en función de la provincia. Las cinco provincias beneficiadas con estos servicios son: Moca, Santiago, Santo Domingo, La Romana y Puerto Plata. Cabe destacar, que en estas cinco regiones habita la mitad de los dominicanos. En el resto de provincias, como es el caso de Azua, los servicios de abastecimiento de agua y saneamiento son facilitados por el INAPA.

Actualmente el gobierno trabaja por un cambio de enfoque de la gestión del agua, con el objetivo de economizarla y hacerla socialmente sostenible (descentralización, participación e integración). Se ha impulsado una gestión del agua más participativa, involucrando a los usuarios en labores de gestión, educación y participación, que permitió el desarrollo de infraestructura, la explotación de nuevas fuentes, un fortalecimiento de la conciencia ambiental, así como cubrir costos. Así pues, se han creado juntas y asociaciones de regantes, que cuentan con derechos para la gestión local del agua a fin de garantizar la rentabilidad.

Particularmente, en el Llano de Azua, no solo existe el INAPA como entidad reguladora del agua y el saneamiento, sino que cuenta con una comunidad rural llamada: Junta de Regantes Ysura, que se encarga especialmente de regular el riego de las parcelas en Sabana Yegua y las parcelas cercanas.

3.5.3. Tratamiento de aguas residuales

La falta de alcantarillado y la deficiencia en la recogida del agua residual hacia plantas de tratamiento, ha llevado a ciudades como Santo Domingo (capital de República Dominicana) a disponer las aguas residuales en fosas sépticas y estas producen infiltraciones en las aguas subterráneas de la ciudad. De tal manera, que, al construir un nuevo edificio, se construyen dos pozos (uno al lado del otro): el primero, la fosa séptica, y el segundo, para extraer las mismas aguas subterráneas (que se están contaminando en gran medida con las aguas negras), como aguas de consumo

Paralelamente, en las zonas en las que se carece de letrinas (que aún son muchas en República Dominicana; según datos de ENHOGAR [24] el 18,2% de la población no tiene ningún servicio sanitario), las personas defecan en orillas de ríos o cañadas, pudiendo contaminar las aguas con bacterias (típicamente causantes de Cólera, Salmonelosis, y amebiasis). Por esta razón, en las comunidades rurales se está haciendo una importante inversión en la construcción de letrinas.

El saneamiento es un problema latente no solo en las zonas rurales de la República Dominicana, también en las grandes ciudades; solamente el 24% de los municipios cuenta con un sistema de alcantarillado y drenaje pluvial, y está concentrado en las grandes ciudades. Además, la disposición final de los residuos sólidos se hace a través de vertederos a cielo abierto en el 57% de los municipios del país [24], lo que puede contaminar el suelo de comunidades o ríos.

En el año 2000 la OMS estimó que el 49% de las aguas residuales de República Dominicana recibían algún tipo de tratamiento [2]. La gestión de las plantas de tratamiento de República Dominicana, de la misma manera que el servicio de abastecimiento de agua, está dividida en dos partes diferenciadas:

Por un lado, las Corporaciones de Aguas y Alcantarillados regionales gestionan, cada una de manera independiente las plantas de las cinco provincias más pobladas del País (Moca, Santiago, Santo Domingo, La Romana y Puerto Plata); en conjunto tienen 32 plantas de tratamiento de aguas residuales.

Por otro lado, las provincias que no reciben los servicios de las Corporaciones de Aguas y Alcantarillados, están cubiertas por el INAPA, que tiene a su cargo la operación de 58 plantas de tratamiento de aguas residuales en todo el país, como es el caso del Llano de Azua.

En total existen 90 plantas de tratamiento de aguas residuales en todo el país, tal y como exige el Plan Hidrológico Nacional del 2012 [25], sin embargo, 56 de estas 90 plantas no

están en funcionamiento, y solo 10 de éstas están en período de reparación. Por lo tanto, en República Dominicana funcionan actualmente 35 plantas de tratamiento de aguas residuales [26].

A pesar de todo, el problema no es tan solo el déficit de plantas en funcionamiento, sino también las condiciones de trabajo de cada planta. Por ejemplo, el total de aguas residuales que se genera en el Distrito Nacional y la Provincia Santo Domingo es de $1,2 \cdot 10^6$ m³/día, mientras que la Corporación de Aguas y Alcantarillados de Santo Domingo (CAASD) tiene una capacidad instalada de $6,5 \cdot 10^4$ m³/día debido al deterioro de las plantas, por lo que solo el 2% de las aguas residuales de esta región son tratadas [27].

3.5.4. Calidad del agua potable

La calidad del agua potable está condicionada principalmente por tres factores:

- Falta de sistemas de potabilización y mal estado de los existentes por mal mantenimiento.
- Insuficientes controles de calidad del agua y de operación de los sistemas de potabilización.
- Intermitencia de funcionamiento de los sistemas de tratamiento de aguas.

De acuerdo con las cifras aportadas por INAPA [28], sólo el 73,6% de las muestras de agua potable resultaron tener una calidad satisfactoria⁸. Una de las principales causas es que, actualmente, el 38 % de los sistemas de potabilización de agua de República Dominicana no cuentan con un sistema de cloración, y, de los que cuentan con sistema de cloración, solo el 30,5% disponen de sistema de monitoreo de la calidad del agua. Además, en las zonas rurales estos sistemas normalmente no tienen la capacidad de tratamiento necesaria para la cantidad de demanda de agua potable existente.

Cabe destacar que, aunque la calidad del agua sea mejorable, la cobertura de ésta todavía lo es en mayor medida: según datos de las estadísticas de ENHOGAR del 2010 [24], un 48% de las viviendas en zonas rurales no tienen acceso a agua potable.

⁸ Medida según ausencia de coliformes totales, es decir que no contengan bacterias de origen fecal (Escherichia Coli)

4. Tratamiento del agua de Sabana Yegua

Actualmente, el pueblo de Sabana Yegua se abastece de agua para consumo doméstico mediante un único acueducto proveniente de la presa de Sabana Yegua. Esta agua, antes de llegar a Sabana Yegua, pasa por una planta de tratamiento donde se filtra para eliminar, en la medida de lo posible, las partículas en suspensión.

En la Figura 4.1 se muestra una imagen de la planta que potabiliza el agua de Sabana Yegua, situada a 15 Km aproximadamente de la población.



Figura 4.1. Planta de tratamiento de agua de Sabana Yegua. Fuente: Robert Garabito Suero.

4.1. Descripción del proceso de potabilización de la planta de Sabana Yegua

4.1.1. Captación del agua superficial

El agua superficial es captada mediante un acueducto proveniente de la presa de Sabana Yegua, y entra en la planta de tratamiento a través de unas rejillas que hacen de primer filtro. Este primer filtraje antes de la entrada del agua en la ETAP, evitan que partículas de un tamaño superior a 10 mm penetren en ella y sedimenten. Finalmente, un bombeo del agua posibilita la circulación de ésta por gravedad a través de la ETAP.

4.1.2. Sedimentación y decantación

En la etapa de sedimentación y decantación se realizan paralelamente dos procesos distintos.

En primer lugar, el agua pasa por una cámara de mezcla en la que se añade un coagulante basado en sales de aluminio, concretamente sulfato de aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) en este caso. Este coagulante permite aglutinar las partículas presentes en el agua hasta alcanzar un tamaño que permita su separación por gravedad, (sedimentación de las partículas coaguladas en el fondo). En la Figura 4.2 se muestra uno de los sacos de sulfato de aluminio encontrados en la planta de tratamiento.



Figura 4.2. Saco de sulfato de aluminio utilizado en la planta de Sabana Yegua. Fuente: Robert Garabito Suero.

La dosificación del coagulante debería depender de la calidad del agua y de la cantidad que se deba tratar. Sin embargo, los responsables del mantenimiento de la planta de Sabana Yegua no son conocedores de las características necesarias ni disponen de sistema de medición de la calidad del agua, por lo que la cantidad de sulfato de aluminio dosificada depende de la disponibilidad de éste y de la percepción de calidad del agua a simple vista de los trabajadores.

En segundo lugar, se decanta el agua clarificada mediante unos decantadores de tipo estático. De esta manera, el agua realiza un recorrido vertical ascendente, lo que permite mantener el lecho de fangos estabilizado a una cierta altura. Así pues, las partículas de materia que chocan con los coágulos ya formados, se aglomeran hasta alcanzar un tamaño suficiente como para sedimentar al fondo por su propio peso.

4.1.3. Filtración por arena

Este proceso de filtración por arena por gravedad permite eliminar los restos de copos de aglomerado que no hayan sedimentado en la etapa de sedimentación y decantación. Mediante este tipo de filtros también es posible la eliminación de ciertos tipos de microorganismos, que, a causa de su tamaño, quedan retenidos en él.

Tal y como se puede observar en la Figura 4.3, el filtro de arena está formado por varias capas de arenas y gravas de granulometría distinta, lo que optimiza el proceso global en cuanto a eficacia de eliminación y capacidad de filtración.

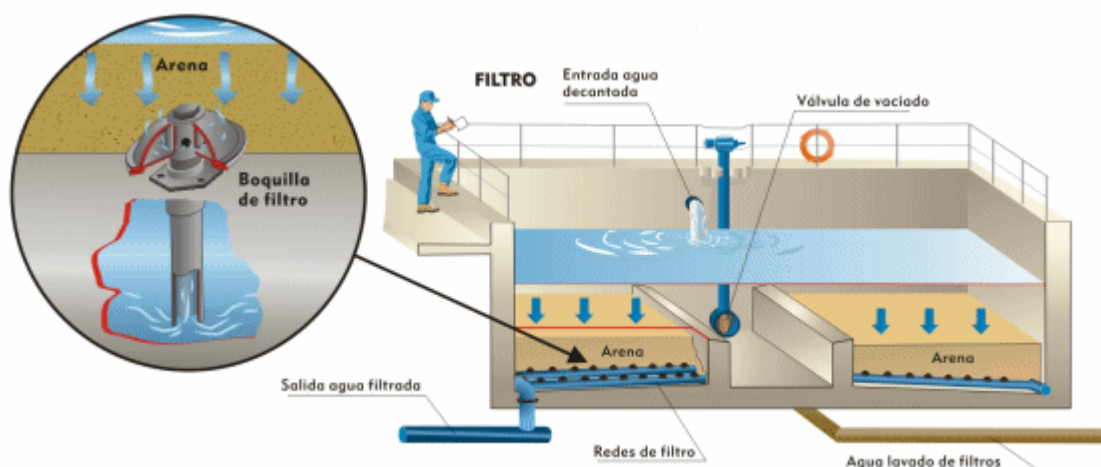


Figura 4.3. Esquema descriptivo de un filtro de arena [30].

Finalmente, el agua filtrada se recoge mediante unos colectores protegidos por las capas de grava de granulometría progresiva.

Estos filtros de arena se van saturando por el efecto de la retención de la materia presente en el agua, para garantizar el buen funcionamiento de la ETAP, es necesario realizar lavados a contracorriente. Posiblemente, el motivo por el que gran parte de las ETAPs no funcionan en República Dominicana, sea el insuficiente mantenimiento de los filtros de arena.

El agua que sale de estos filtros de arena debería ser correctamente clorada para garantizar que se mantiene desinfectada, sin embargo, esto no se realiza de manera regular ni controlada en la ETAP de Sabana Yegua.

4.1.4. Bombeo final a la red de distribución

En esta última etapa, el agua tratada se bombea hasta los nodos de distribución. En el

caso de Sabana Yegua, el agua se bombea hasta la “llave⁹ de agua”, situada a 10 Km aproximadamente de la ETAP, y desde allí, se lleva hasta los distintos puntos de agua del pueblo.

Generalmente, en esta última etapa existen recloradores, que vuelven a suministrar una dosis de cloro al agua filtrada para evitar carencias. Sin embargo, no se tiene constancia de la existencia de recloradores ni de controles de calidad en la red de distribución de Sabana Yegua. En el capítulo 3 del anexo se muestra un registro oficial de los acueductos sin clorar por cada provincia publicado por el Ministerio de Salud Pública de República Dominicana.

4.2. Calidad del agua de Sabana Yegua

El agua del acueducto que entra a Sabana Yegua a pesar de estar tratada no puede considerarse potable por varios motivos: en primer lugar, no se tiene constancia de la cloración del agua, en segundo lugar, potabilizarla utilizando exclusivamente filtros de arena, no es una garantía de eliminación de muchas de las bacterias o virus contenidos en ella, y finalmente, el proceso de potabilización no se realiza de manera regular ni se controla con análisis químicos, por lo que no se considera fiable.

Así pues, inicialmente, y de manera teórica, habiendo estudiado el proceso de potabilización del agua, se puede considerar que el agua del acueducto de Sabana Yegua está tratada correctamente para su uso como agua para saneamiento, sin embargo, no está potabilizada para la ingesta humana.

De esta manera, se observa que para que una familia tenga un consumo adecuado del agua en cuanto a salud y calidad de ésta, debería separar su consumo de agua en dos conceptos distintos:

- Agua para saneamiento: no necesariamente potable, pero sí tratada para eliminar partículas en suspensión y parte de la materia orgánica que pueda contener.
- Agua ingesta humana: necesariamente potable.

A continuación, se analizan las posibilidades de obtención de agua en el pueblo de Sabana Yegua:

1. Agua procesada embotellada (potable)

⁹ Fuente de agua pública proveniente del acueducto que trae el agua de la ETAP al pueblo, se encuentra a 4 Km de San Francisco.

2. Agua procesada envasada en bolsas de plástico (potable)
3. Del acueducto proveniente de la ETAP de Sabana Yegua (agua filtrada no potable):
 - a. Fuente de agua dentro de la vivienda.
 - b. Fuente de agua en el exterior de la vivienda.
 - c. De la llave de agua pública:
 - i. Camión cisterna
 - ii. Manual
 - iii. Otros (ej. riego de parques)
4. Agua de la lluvia
5. Agua del canal de regadío

En el capítulo 4 del anexo se recogen las leyes que regulan el uso del agua en República Dominicana. Concretamente, se destaca el Art. 47–58 / Ley 5852–62: “Los particulares que deseen utilizar aguas públicas deberán proveerse previamente de un título de aguas, que deben renovar anualmente, con excepción de usos industriales; y los derechos pueden ser revocados y pueden establecerse restricciones de uso”. De tal manera, como muestra el mencionado párrafo, para consumir agua del acueducto público hay que pagar un título anualmente por valor de 300 RD\$ (aproximadamente 6€ al año).

Así pues, en Sabana Yegua, muchas viviendas tienen acceso directo al acueducto de agua filtrada, ya que las familias que se lo pueden permitir, tienen un título de agua permitiéndoles acceso directo al acueducto.

Existe una gran diferencia entre la densidad de puntos de distribución del agua en la parte baja del pueblo respecto a la parte alta. En efecto, en la gran mayoría de las calles del sur de Sabana Yegua existe un punto de agua por casa, mientras que en San Francisco solamente hay puntos de agua en el Centro de Nutrición y en el de Salud.

5. Distribución del agua en las viviendas

5.1. Viviendas con acceso directo

Es relevante tener en cuenta que la llave de agua pública está controlada por la oficina local del INDRHI, y se abre como máximo 3h diarias en las épocas en las que hay disponibilidad de agua. Generalmente esto ocurre a primera hora del día para que los habitantes del pueblo puedan conectar bombas a los puntos de agua y cargar los depósitos de sus casas. Así pues, los habitantes de Sabana Yegua no tienen pleno control de su uso del agua, sino que solamente disponen de este bien durante unas horas determinadas del día, en función de la disponibilidad del recurso.

Dado que el agua pasa durante pocas horas al día, las viviendas con acceso a puntos de agua disponen de depósitos o cisternas para almacenarla durante un tiempo hasta que se pueda volver a llenar. La capacidad de almacenaje de cada vivienda depende de los recursos económicos disponibles en cada familia. Por norma general el volumen de agua almacenado es de 1200 litros aproximadamente.

A continuación, la Figura 5.1 y en la Figura 5.2, muestran el sistema utilizado en las casas con acceso a punto de agua para llenar los depósitos. Se puede observar que éstos se encuentran en el tejado de la vivienda, por lo que para llenarlos es necesario el uso de una bomba.



Figura 5.1. Depósitos de agua (1200 L.) de dos casas contiguas con acceso directo a agua en la calle. Fuente: Emilio Jorba.



Figura 5.2. Localización del punto de agua en la calle y mecanismo para llenar el depósito. Fuente: Emilio Jorba.

El agua con la que llenan los depósitos viene de los distintos puntos de agua cercanos a sus viviendas, ya sea del interior de la vivienda, como de un punto cercano en la calle, al que sólo tienen acceso dicha vivienda, puesto que el título de agua que se paga es individual (25 RD\$ al mes, que equivalen aproximadamente a 0,5€ al mes). De esta manera, no es posible que una persona que no paga título de agua, pueda cargar el agua de un punto de la calle, ya que es privado.

En los meses de más sequía (de noviembre a abril), el paso del agua se regula estrictamente, con hasta 2 semanas de corte de agua según el barrio. En caso de necesidad, es posible la contratación del servicio de los bomberos de Sabana Yegua, los cuales van a buscar agua al punto más cercano que disponga de ella (si lo hay), ya sea una llave de agua de una población cercana o un pozo. El precio de llenar un depósito de 1200 L. aproximadamente, es de 500 RD\$ (10€) como mínimo, éste varía en función de la dificultad de obtención de agua.

5.2. Viviendas sin acceso directo

Las viviendas sin acceso directo a puntos de agua se encuentran en su gran mayoría en el barrio San Francisco y sus alrededores. Comúnmente se dice que, debido a la altura del barrio San Francisco (norte del pueblo) respecto al nivel del acueducto, el agua filtrada no llega hasta allí, sin embargo, la razón fundamental por la que esto ocurre, es porque las familias que viven en San Francisco no disponen de título de agua.

La zona de estudio de este proyecto se centra en al barrio San Francisco por la simple

razón de que las posibilidades de abastecimiento de agua de sus habitantes son muy limitadas a causa de su situación económica y de la lejanía de sus viviendas de los puntos de agua. Pocas son las familias que pueden permitirse la compra regular de agua embotellada para beber.

La Tabla 5.1 permite ampliar el punto de mira de la situación, mostrando los datos de las estadísticas del Censo Nacional de Población y Vivienda [3] respecto a la de las fuentes de abastecimiento de agua de las viviendas en el año 2002 y 2010.

Como se puede observar, la situación del barrio San Francisco corresponde a la del 12% aproximadamente de toda la población dominicana en 2010. Teniendo en cuenta las inversiones del gobierno en los últimos años, es posible que este porcentaje sea menor actualmente, sin embargo, la población sin acceso a agua potable sigue constituyendo una parte relevante de los habitantes de República Dominicana.

País, región, provincia y municipio.	Fuente de abastecimiento de agua							
	Acueducto, dentro de la casa		Acueducto, fuera de la casa		Acueducto, llave pública		Otro	
	2002	2010	2002	2010	2002	2010	2002	2010
Total País	35.90%	46.27%	24.80%	20.95%	18.17%	4.12%	21.12%	28.66%
Región Valdesia	23.35%	35.09%	31.29%	34.39%	17.73%	3.47%	27.62%	27.06%
Provincia Azua	20.54%	27.23%	46.12%	47.39%	21.37%	2.59%	11.97%	22.79%
Azua de Compostela	25.65%	36.83%	45.69%	42.21%	22.96%	3.55%	5.70%	17.41%
Las Charcas	17.97%	27.50%	45.12%	63.97%	31.10%	0.00%	5.81%	8.54%
Las Yayas de Viajama	9.89%	9.62%	54.16%	67.13%	23.25%	0.75%	12.69%	22.49%
Padre Las Casas	25.86%	35.58%	32.16%	28.34%	20.98%	5.66%	21.00%	30.42%
Peralta	24.43%	25.85%	40.91%	39.91%	15.38%	1.52%	19.27%	32.72%
Sabana Yegua	14.30%	27.56%	39.16%	60.51%	20.92%	0.45%	25.62%	11.49%
Pueblo Viejo	11.11%	6.74%	50.64%	51.27%	10.91%	1.27%	27.35%	40.73%
Tábara Arriba	16.35%	17.41%	66.53%	65.63%	15.56%	1.20%	1.55%	15.76%
Guayabal	14.68%	20.27%	24.85%	37.24%	44.74%	12.01%	15.73%	30.48%
Estebania	15.62%	26.69%	51.20%	67.57%	23.43%	0.00%	9.75%	5.74%

Tabla 5.1. Estadísticas de fuente de abastecimiento de agua en los hogares de República Dominicana [20]

Desde hace unos años, se ha creado una pequeña empresa que se dedica a cargar agua del acueducto desde la parte baja del pueblo, donde está la llave pública, hasta el barrio de

San Francisco en un camión cisterna y la vende a granel a 0,25 DR\$/litro. En la Figura 5.3 se muestra una imagen de cómo el camión cisterna, llena los bidones de agua de las familias.



Figura 5.3. Camión cisterna llenando bidones de agua en una población necesitada de República Dominicana [31]

Así pues, la mayoría de familias se desplazan hasta la llave de agua pública y cargan con el agua hasta sus casas diariamente, y los que se lo pueden permitir la compran del camión cisterna que la sube hasta San Francisco.

También es importante tener en cuenta que las dispares condiciones climáticas de Azua afectan directa e indirectamente al consumo de agua en los hogares, y especialmente en aquellos que tienen menos recursos, como es el caso de San Francisco.

5.2.1. Consumo de agua en épocas húmedas

Las épocas húmedas en el Llano de Azua se caracterizan por dos aspectos principales:

En primer lugar, la abundancia de agua en los canales hace posible el riego de las parcelas, dando así trabajo a los cientos de jornaleros de San Francisco. El sueldo diario de un jornalero dominicano es de 500 RD\$, que equivale a 10 €. Esta cantidad no es muy elevada, pero permite a una familia de San Francisco vivir correctamente dentro de sus estándares. Si el jornalero es de origen haitiano, su sueldo puede ser de 250 RD\$, que equivale a 5 €; en este caso, la vida se hace más difícil.

En segundo lugar, dada la abundancia de agua, no se realizan cortes en la distribución del agua del acueducto, por lo que la llave de agua pública se abre las dos o tres horas al día estipuladas. Durante este período, las familias generalmente se desplazan hasta la llave de agua de Sabana Yegua, que se encuentra a 4 Km, para coger el agua en bidones, de esta

manera se ahorran el coste del camión.

Si se lo pueden permitir, en cambio, compran el agua del camión cisterna, que pasa regularmente por las calles cargado de agua, permitiendo así, a las familias de San Francisco rellenar sus bidones de agua por 50 DR\$ (1 € por 200 L.).

Los bidones son de plástico, y acostumbran a clorarlos y taparlos. El origen del agua del camión cisterna es de la llave pública de Sabana Yegua en las épocas de abundancia.

Así pues, mientras se clore bien el agua y se conserve convenientemente tapada, su consumo es adecuado. En el apartado 5.3, se muestra el trabajo de campo realizado en San Francisco para comprobar los hábitos de las familias en cuanto a cloración de agua, ebullición y conservación de ésta entre otros factores.

5.2.2. Consumo de agua en épocas de escasez

Las épocas de escasez se caracterizan, en oposición a las épocas húmedas, por la falta de trabajo en el campo por parte de los jornaleros, por lo que los sueldos de las familias se ven menguados. La reducción de ingresos en el hogar, en muchas ocasiones significa la necesidad de un cambio de hábitos en el consumo para poder abastecer las necesidades de toda la familia.

Aunque el agua es un bien básico, también se ve afectada por el cambio de hábitos, y éstos pueden suponer:

- Comprar agua del camión en vez de agua embotellada: implica acostumbrarse a clorar el agua.
- Ir a buscar el agua a la llave en vez de comprarla al camión cisterna: implica que los niños y las mujeres dejan de lado otras obligaciones para satisfacer esta necesidad (colegio, trabajo, etc.)
- Usar el agua del acueducto (proveniente de la llave o del camión cisterna), solo para el consumo humano, y para la higiene usar agua del canal de riego.

5.2.2.1. El canal de riego Ysura

El canal de riego Ysura puede suponer una alternativa de abastecimiento de agua en épocas de escasez.

La población adulta es plenamente consciente de que el agua del canal no sirve para el consumo humano por su alta contaminación. Sin embargo, la práctica del uso de esta agua

para higiene personal, está muy extendida entre los habitantes de San Francisco, especialmente en las épocas de escasez.

Así pues, los casos de infecciones de heridas y problemas dermatológicos, son frecuentes en las personas que usan el agua de riego. Como se ha explicado anteriormente, puede contener pesticidas, lixiviados de basuras y restos de aguas negras, ya que durante su curso no existe ningún tipo de tratamiento de las aguas.

Según el Art. 5 / Ley 6 de 1965, recogido en el capítulo 4 del anexo, respecto al mantenimiento de las aguas del canal de riego: “El INDRHI operará los sistemas de riego con la participación de los usuarios; y los servicios de limpieza y mantenimiento de canales construidos por el Gobierno (riego) estarán a cargo de los que utilicen sus aguas.”. Por lo que la limpieza del agua del canal de riego depende de los habitantes de Sabana Yegua, y, según el gobierno, es su responsabilidad si éstas son aptas para su uso o no, ya sea éste de riego o de higiene.

En la Figura 5.4 se pueden observar los lugares por donde pasa el canal de riego Ysura en Sabana Yegua.



Figura 5.4. Canales de regadío que pasan por Sabana Yegua [9].

5.3. Trabajo de campo: contraste de información

Con el objetivo de conseguir una información lo más fiable posible en cuanto a las condiciones de las familias de San Francisco, más allá de la experiencia personal de 3 meses de voluntariado en Sabana Yegua, se ha realizado una encuesta a 10 familias de

San Francisco.

Esta encuesta se ha realizado en mayo de 2016, es decir, en época húmeda, por lo que los hábitos de las familias se corresponden, en su mayoría, con los de las posibilidades económicas más altas de las que disponen anualmente.

Así mismo, a pesar de haber realizado la encuesta a un número reducido de personas, se ha intentado que éstas sean las más diversas posible, con la finalidad de que puedan representar con fiabilidad a los habitantes de San Francisco.

Las preguntas realizadas son las siguientes:

1. ¿De dónde obtienen el agua para beber?
 - a. Agua embotellada
 - b. Agua procedente del acueducto
 - c. Del canal de riego
 - d. Otros:
2. ¿Dónde almacenan el agua que usan para beber?
 - a. En el mismo envase del agua embotellada
 - b. En un galón
 - c. En un bidón de plástico
 - d. En un bidón metálico
 - e. En un cubo
3. El recipiente que usa para almacenar el agua ¿está abierto, o cerrado?
 - a. Cerrado
 - b. Abierto
4. ¿Tratan el agua que usan para beber?
 - a. Sí
 - b. No
5. ¿Antes de beber el agua, pone cloro o la hierve?
 - a. Cloro
 - b. Hierve
 - c. Otros:
6. ¿Cuántas personas habitan la casa?
 - a. 1
 - b. 2
 - c. 3
 - d. 4

- e. 5
- f. ≥ 6

7. ¿Quiénes en su familia han tenido episodios de diarrea desde Navidad (diciembre 2015) hasta ahora (abril 2016)?
- a. Niños (entre 0-14 años)
 - b. Adultos (entre 15-59 años)
 - c. Personas mayores (a partir de 60)

5.3.1. Resultados de la encuesta y análisis

En el capítulo 5 del anexo se presentan las respuestas de cada uno de los entrevistados y el contexto de las preguntas realizadas. A continuación, se analizan las respuestas a las preguntas que hacen referencia al origen del agua ingerida y al tratamiento previo de ésta, así como su almacenamiento.

En la Figura 5.5, se muestran los resultados de la encuesta respecto a las 4 primeras preguntas:

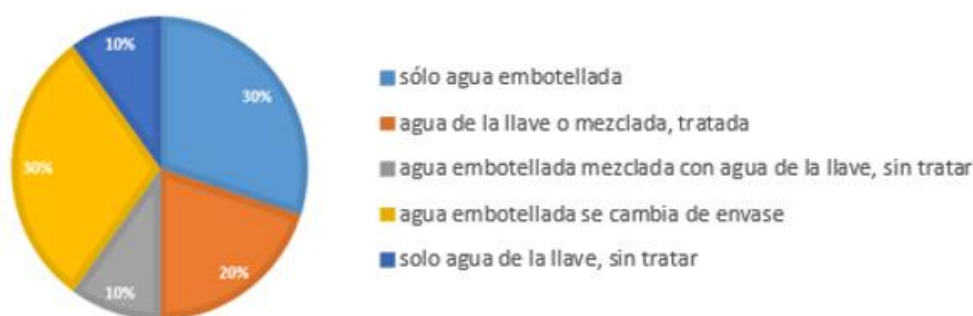


Figura 5.5. Gráfica que muestra el origen del agua ingerida en San Francisco. Fuente: elaboración propia a partir de datos del capítulo 5 del anexo.

Cabe destacar que se ha detectado, que, si bien muchas familias son conscientes de la necesidad de beber agua embotellada, en muchos casos esta se mezcla con agua de la llave, la cual no está tratada, por lo que el agua embotellada vuelve a contaminarse.

Otro factor importante es el hecho del cambio de envase. Dado que los botellones en los que está envasada el agua que se compra, se han de devolver para ser rellenados por la compañía proveedora, muchas familias en vez de almacenar el agua en el botellón para devolverlo una vez el agua se ha acabado, vacían el agua del botellón en un recipiente propio y devuelven el botellón. De esta manera, no existe una seguridad de que el envase en el que se vierte el agua no esté contaminado.

Así pues, los resultados permiten clasificar a grandes rasgos, a las familias entrevistadas en dos grupos distintos, que casualmente corresponden a partes iguales a la mitad de las familias:

- Los que consumen agua tratada para su potabilización (50 %)
- Los que consumen agua no potabilizada (50 %)

El cuestionario (capítulo 5 del anexo), muestra que todas las familias que tratan el agua, lo hacen mediante la aplicación de cloro, práctica que está muy extendida entre la población dominicana, y, todas las familias conservan el agua en un recipiente cerrado a excepción de una de ellas.

Sin embargo, al analizar los resultados de la última pregunta, que hace referencia a los episodios de diarrea sufridos en cada familia, se puede observar (ver Tabla 5.2), que la gran mayoría de las familias entrevistadas ha sufrido como mínimo un episodio de diarrea en los 4 meses anteriores a la entrevista.

Tipo de agua	Origen del Agua Ingerida	Afectados por diarrea*		
Agua potable	Agua embotellada	1	2	10
	Agua de la llave o mezclada, tratada	7	9	
Agua no tratada	Agua embotellada mezclada con agua sin tratar	6		
	Agua embotellada se cambia de envase	3	4	5
	Agua de la llave, sin tratar	8		

Leyenda

*Los números hacen referencia a la familia entrevistada

niños

niños y adultos

solo adultos

Tabla 5.2. Resultados de la pregunta 7. Fuente: elaboración propia a partir de datos del capítulo 5 del anexo.

Se puede deducir, por lo tanto, que el hecho de consumir agua tratada no garantiza que ésta no esté contaminada. Existen factores que inciden directamente a la posible afectación de una persona por episodios de diarrea, y hay que tenerlos en cuenta. Algunos de estos casos son:

- La inconsciencia de los niños: pasan necesidad y muchas horas en la calle, pueden ingerir, sin saberlo, agua contaminada.

- Insuficiente concienciación de la población respecto a hábitos higiénicos, fácilmente se puede contaminar el agua con el uso de recipientes contaminados o las propias manos.
- Uso de cloro de manera poco metódica e irregular.
- Es posible que algunos de los episodios de diarrea mencionados, no esté causado por una mala calidad del agua.

También es importante destacar, que, aunque el cuestionario se haya realizado al inicio de la época húmeda (abril 2016), los meses de los que se disponen datos sobre casos de diarrea corresponden a la época de sequía (de noviembre a marzo de 2015). Éste fue un período especialmente escaso en cuanto a recursos ya que en el año 2015 el período de lluvias fue casi inexistente (ver apartado 3.3). Así pues, es posible que el origen del agua ingerida durante estos meses por las familias de San Francisco, no se corresponda con las respuestas del cuestionario, ya que sus recursos en dicho período eran más escasos, y el agua a la que se podía acceder, de menor calidad.

6. Principales problemas en el abastecimiento de Agua

Una vez analizados el sistema de potabilización de agua, el sistema de distribución a las viviendas, y la manera como las familias consumen el agua dependiendo de la época del año, se presentan, a continuación, los principales defectos encontrados en el sistema de abastecimiento:

6.1. Contaminación del agua

Por un lado, se ha observado que, a pesar de que el proceso de cloración no esté controlado, el agua tratada en la ETAP de Sabana Yegua puede ser de buena calidad, ya que los filtros de arena eliminan gran parte de los microorganismos dañinos para el ser humano.

Sin embargo, el paso del agua del acueducto al camión cisterna o incluso a los recipientes de los propios habitantes que se desplazan hasta la llave para buscar el agua, puede ser una de las etapas del recorrido del agua en la que sea más fácil que esta se contamine.

Esta agua contaminada llega sobre todo al barrio San Francisco, ya que es donde hay menos puntos de acceso a agua; esto explicaría la alta frecuencia de la ocurrencia de episodios de diarrea en las familias detectadas en la encuesta realizada.

Así pues, uno de los problemas principales no es solo la calidad del tratamiento, sino la contaminación que puede haber en su distribución y el almacenamiento.

6.2. Calidad de vida: el agua al alcance de todos

Otro de los problemas detectados, es la dificultad y el coste que la obtención de agua significa para las familias de San Francisco.

La dificultad en el abastecimiento de agua tratada en múltiples sectores de la población, se debe principalmente a la falta de empalmes, líneas obsoletas que necesitan ser sustituidas, válvulas en mal estado, o simplemente la inexistencia de redes de distribución y obstrucciones, como es el caso del barrio San Francisco.

Dado que el agua que llega a las viviendas de San Francisco es costosa, (ya sea por el precio del agua del camión cisterna, o porque se tiene que cargar diariamente desde la

llave hasta la vivienda), muchas familias economizan su uso. La manera de hacerlo es, generalmente, reduciendo su uso al de la ingesta, y habituándose a realizar las actividades de higiene y tareas del hogar con agua del canal de riego.

Este hábito causa en muchas ocasiones problemas dermatológicos como infecciones o reacciones alérgicas por la alta contaminación de las aguas.

6.3. Falta de red de saneamiento

Gran parte de la población de Sabana Yegua no dispone de redes de alcantarillado sanitario y las que existen se encuentran en muy mal estado, fruto de los años en servicio, de la falta de educación ciudadana y caudal superior al de diseño (actualmente está en construcción una planta de tratamiento de aguas residuales en Azua, pero hasta el momento, el líquido proveniente del alcantarillado se filtra al subsuelo sin recibir tratamiento). También existe una baja capacidad operativa del personal encargado de atender los problemas que se presentan de manera eficiente, por lo que los defectos en el sistema de saneamiento se van alargando en el tiempo sin ser solucionados.

Concretamente en el barrio San Francisco, no existe red de saneamiento, por lo que las aguas negras, entre otros residuos del hogar, se van filtrando en la tierra, contaminando el agua subterránea y causando problemas de insalubridad en las viviendas, especialmente en las épocas de lluvias.

Sin embargo, dado que esta problemática es independiente de la calidad de suministro de agua en las casas, y depende principalmente de las instituciones gubernamentales (INAPA e INDRHI), no se estudiarán soluciones para ella en este proyecto. Además, actualmente se ha implantado una solución temporal a la falta de alcantarillado en el barrio de San Francisco: la construcción de letrinas.

7. Discusión de posibles soluciones

A partir de los problemas planteados en el capítulo 6, a continuación, se presentan posibles soluciones, comunes a los problemas descritos anteriormente.

Se ha priorizado que el agua obtenida a partir de las soluciones que se presentan a continuación, al ser clorada debidamente, pueda ser ingerida. De esta manera con las soluciones presentadas se obtiene tanto agua para usos higiénicos como agua potable para la ingesta humana.

7.1. Construcción de un pozo

Observando la gran cantidad de agua subterránea que hay bajo el suelo de Sabana Yegua (ver apartado 3.4.2), y las propiedades que facilitan que el perfil natural del suelo pueda servir como un sistema eficaz de tratamiento del agua, hace pensar que una buena opción para mejorar el acceso al agua de los habitantes de San Francisco, sería la perforación de un pozo en el barrio.

Antes de estudiar los costes económicos que esta solución comportaría, es necesario analizar a nivel teórico las condiciones necesarias que se deberían dar para que la calidad del agua subterránea de esta zona fuese apta para consumo humano.

7.1.1. Estudio de la posible contaminación del agua subterránea

La posible contaminación del agua subterránea se plantea especialmente por la reciente construcción (se empezó en 2011) de más de 150 letrinas en la zona de San Francisco, para familias que carecen de dicho servicio básico.

7.1.1.1. Descripción de las letrinas

Con el objetivo de que sea una construcción asequible para la comunidad, las características de estas letrinas son muy básicas: constan de un hoyo de 3m de profundidad y 1m de diámetro aproximadamente. Para el recubrimiento interno de éstas, se ejecuta un pavimento de hormigón armado y unos muros de bloque de cemento armados y rellenos de hormigón. A todo esto, se le da una capa de enfoscado con una alta dosificación de cemento; es la manera más económica de impermeabilizar las paredes de la fosa de la letrina en caso de carecer de mortero monocapa o láminas). El proceso de construcción de estas letrinas puede apreciarse en la Figura 7.1.



Figura 7.1. Proceso constructivo inicial: excavación de letrinas por parte de la familia beneficiaria [32]

Las obras para la construcción de éstas se llevan a cabo por un capataz de obra con la ayuda de la misma familia beneficiada; bajo la subvención y supervisión de la parroquia de la Sagrada Familia de Sabana Yegua.

Las letrinas han significado un gran avance en la calidad de vida de las familias de San Francisco. Antes de su construcción, 80 casos de cólera habían afectado a Sabana Yegua durante el año 2011 [33], mientras que posteriormente los casos se han ido reduciendo progresivamente, en 2014 hubo tan solo 9 casos [34].

Sin embargo, es necesario el estudio del riesgo de contaminación del nivel freático por la infiltración de las letrinas, ya que significaría que el agua subterránea que captará el pozo sería dañina para el ser humano.

Las letrinas construidas en San Francisco, son secas, y tienen las siguientes características (tal y como se puede apreciar en la Figura 7.2.):

- La ventilación presenta condiciones favorables para la eliminación de gérmenes patógenos
- Duración máxima de 10 años.
- Puede generar una cantidad muy elevada de carga hidráulica dado que no se vacía.
- En el interior de la fosa, se genera gran cantidad de nitrógeno, que permanece en el suelo.

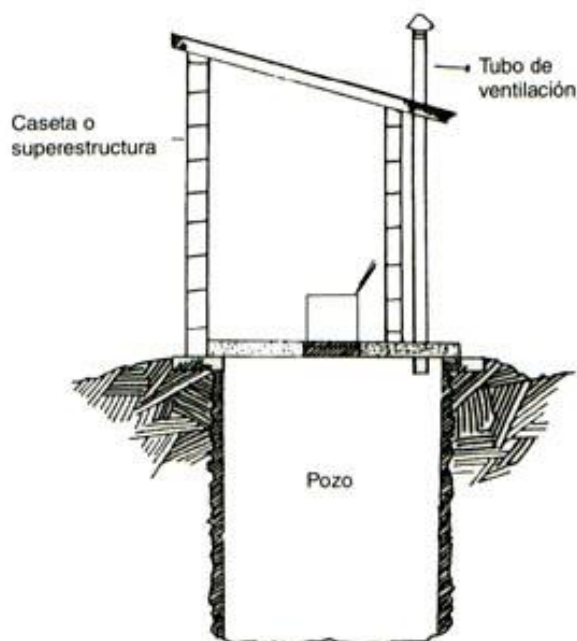


Figura 7.2. Letrina de ventilación seca [35].

Cuanto menos profunda sea la fosa de la letrina, menos penetrará en la zona no saturada del suelo¹⁰, con lo que el efluente se puede potabilizar mejor mediante percolación (como si se tratase de un filtro de arena), antes de llegar al nivel freático.

7.1.1.2. Contaminación del nivel freático a causa de efluentes de origen fecal

La contaminación del agua del sub-suelo causada por la infiltración de efluentes de las letrinas puede ser debida, principalmente, por contaminación de origen bacteriológica o química; a continuación, se detallan sus características.

7.1.1.2.1 Contaminación bacteriológica

La presencia de virus y bacterias en los efluentes fecales es natural en las heces humanas y animales, y no todos los presentes son dañinos para la salud.

Los virus solo pueden reproducirse en el interior de un medio vivo que los contenga, mientras que, por otro lado, las bacterias proliferan perfectamente en el suelo o en el agua, por este motivo su presencia es más abundante.

En la Tabla 7.1 se detallan algunos de los factores que condicionan la supervivencia y el movimiento de microorganismos en el suelo, que están relacionados con el tamaño de los

¹⁰ Se toma el concepto “suelo” como estratos no consolidados.

poros, la relación entre tensión y conductividad hidráulica (vertical y saturada), etc.

Movimiento		Supervivencia	
Factor	Efecto	Factor	Efecto
Tipo de suelo	Óxidos de hierro aumentan la adsorción. Mayor retención en texturas finas del suelo.	Nutrientes	Su ausencia limita el desarrollo de microorganismos.
pH	A mayor pH, menor adsorción.	Temperatura	Altas temperaturas perjudiciales para la supervivencia
Cationes	Cuanto más cationes, más adsorción.	Humedad	Favorece la supervivencia.
Sustancias orgánicas	Compiten en la adsorción.	pH	Supervivencia en pH entre 4 y 9.
Tipo de microorganismos	La Adsorción varía con el tipo.	Luz	Limita la supervivencia.
Velocidad del flujo	A mayor velocidad, menor adsorción	Presión hidrostática	A más presión, menos supervivencia (depende del microorganismo)
Flujo no saturado	Proporciona mayor movimiento.	Turbidez ¹¹	Si se debe a m. inorgánica, no influye. Si se debe a m. orgánica, favorece la supervivencia.
		Salinidad	Concentraciones entre 10mg/ L. y 50 mg/l favorecen la supervivencia

Tabla 7.1. Factores que afectan al movimiento y supervivencia de microorganismos en el suelo [36]

Bajo condiciones de sequía y alta temperatura, como las de Sabana Yegua, la total degradación o inactivación de microorganismos puede producirse en 15 días.

En la Tabla 7.2 se presentan las posibles enfermedades que podrían transmitirse por

¹¹ La turbidez puede ser causada por la presencia de partículas finas de origen mineral, detritus de material orgánico e inorgánico o microorganismos.

contaminación de las aguas subterráneas:

Causados por bacterias		Causados por virus	
Enfermedad	Agente Patógeno	Enfermedad	Agente patógeno
Cólera	Vibrio cholerae	Hepatitis infecciosa	Virus de hepatitis A
Fiebre tifoidea	Salmonella typhi	Poliomelitis	Poliovirus
Fiebre paratifoidea	Salmonella paratyphi	Diarreas	Rotavirus agente Norwalk
Disentería bacilar	Shigella spp.	Diversos síntomas	Echovirus, Coxsackievirus y otros
Diarreas	E. coli enterotoxigénica E. coli enteropatógena Salmonella spp. y otros		

Tabla 7.2. Enfermedades que pueden transmitirse con agua contaminada por efluentes de origen fecal [37].

7.1.1.2.2 Contaminación química

La contaminación química, al igual que la biológica, se ve afectada por procesos que pueden modificar su concentración inicial o su naturaleza, al atravesar el acuífero. Sin embargo, esta variación depende de la naturaleza del contaminante químico y las condiciones del medio que le rodea.

En la Tabla 7.3 se presentan algunos contaminantes químicos que pueden encontrarse en un acuífero y sus características.

Contaminante Químico	Características
Metales pesados	Producen retardo en la movilidad del contaminante, y su concentración va disminuyendo al ser retenidos. No se tienen constancia de la presencia de metales pesados en el sub-suelo de Azua.
Pesticidas	A mayor solubilidad en agua, mayor movilidad. La degradación de un pesticida puede dar lugar a componentes más tóxicos como nitratos y nitritos.
Nitrógeno	Puede estar en forma de amoníaco, nitrógeno orgánico, nitrato o nitrito. El nitrógeno es un elemento básico para la síntesis de proteínas, sin embargo, en forma de nitrito es altamente tóxico pudiendo causar, a través de la ingesta, metahemoglobinemia infantil o cáncer.

Cloruros

Presencia debida a la intrusión de aguas saladas, disolución de suelos y rocas que los contengan, heces humanas (6 g/ (persona y día)), o actividades domésticas.

Tabla 7.3. Contaminantes químicos que pueden encontrarse en un acuífero. Fuente: elaboración propia.

7.1.1.2.3 Desplazamiento de los efluentes a través del suelo

Por un lado, la filtración y disminución de patógenos en infiltración vertical es muy efectiva, se ha establecido una distancia de seguridad de 1,5 m entre el fondo de la excavación y el nivel freático. Sin embargo, la filtración de contaminantes químicos por infiltración vertical requiere de una distancia mucho mayor (en caso de hidrocarburos, hasta 100 m de distancia vertical) [38].

El nivel freático de San Francisco es muy elevado, tal y como muestra el estudio del capítulo 3.4.2, éste está aproximadamente a 20 m bajo el nivel del suelo, pero esta distancia puede disminuir en las épocas de lluvias. Teniendo en cuenta que la profundidad de las fosas de las letrinas es de 3 m., el efluente que sale de las fosas tendrá 17 m de recorrido vertical, como máximo, para descontaminarse. Así pues, se deberá tener especial control sobre los contaminantes químicos que puedan llegar al acuífero.

Por otro lado, en el caso particular de San Francisco, el suelo es semi-confinado¹², lo que significa que la capacidad de infiltración del suelo es alta. Es posible que elementos protozoarios de una medida inferior a 25 micras, como la *Escherichia Coli* o la *Salmonella*, no se eliminen en el paso del efluente desde la letrina hasta el nivel freático, y en cuanto a distancia horizontal, requieran más de 30 m para ser completamente filtrados [38].

Cuando las infiltraciones llegan al nivel freático, se unen al flujo del acuífero, y viajan en su misma dirección. Los contaminantes biológicos se eliminan a una distancia entre 7 y 20 metros en función del tipo de suelo. Sin embargo, algunos contaminantes químicos pueden viajar hasta 100 m.

Estudios como el realizado en 1980 en Botswana por Lewis [37], han demostrado que en lugares con condiciones similares a las de San Francisco, es decir, nivel freático variable, suelo semi-confinado, y alta concentración de fosas sépticas en el terreno, la distancia lateral que se debe conservar desde el pozo hasta la letrina más cercana no debe ser

¹² Acuífero limitado por formaciones menos permeables que el mismo, pero a través de las cuales puede recibir o ceder volúmenes significativos de agua. Contiene agua a mayor presión que la atmósfera.

inferior a 50 m.

La Figura 7.3 recoge las distancias necesarias a conservar entre la letrina, el acuífero y el pozo para minimizar la contaminación del agua.

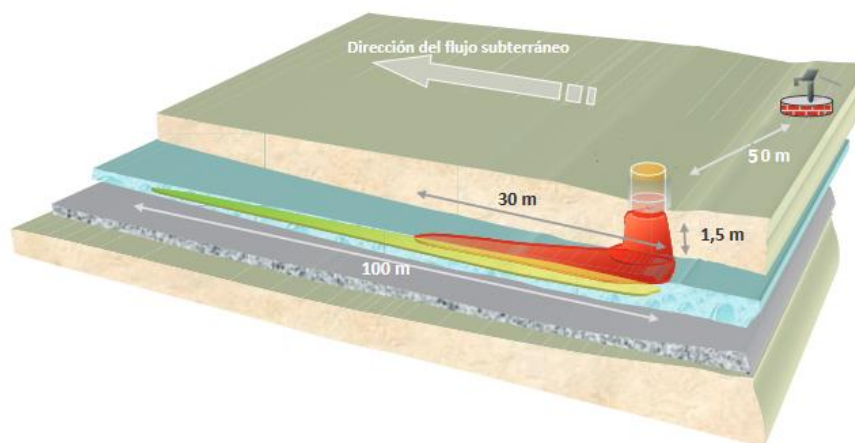


Figura 7.3. Distancias a conservar entre letrina, acuífero y pozo [38]

7.1.1.2.4 Carga hidráulica

Por otro lado, la carga común del efluente es de entre 7 y 13 litros diarios, que corresponde al promedio de los fluidos fecales de una familia de entre 5 y 10 personas [37]. Sin embargo, en las viviendas en las que la letrina también hace de ducha (en San Francisco son abundantes, especialmente entre las mujeres), la carga diaria puede llegar a los 33 litros. Aunque parte de esta carga sea de agua no fecal, y por lo tanto no tan contaminada, esto hace que la carga hidráulica total sea mayor, y por lo tanto que aumenten las posibilidades de contaminación del nivel freático.

Sin embargo, dado que en San Francisco no se vacía el contenido de las fosas de las letrinas, y teniendo en cuenta que el área de base de la fosa mide entre 0,8 m² y 1 m², se forma en la base una capa que reduce de gran manera la infiltración de efluente, por lo que cuanto más tiempo pasa, y más se llena esta, menor contaminación del suelo habrá debido a la obstrucción de los poros del suelo de la fosa de la letrina. Sin embargo, la parte negativa de esto es que se producirá menos oxigenación de las capas inferiores y habrá una concentración mayor de nitratos en el efluente.

7.1.1.3. Recomendaciones para la construcción de letrinas

Existen posibles cambios que se podrían realizar en las letrinas que podrían disminuir el riesgo de contaminación microbiana del acuífero de San Francisco. Estas modificaciones son:

- Disminuir la carga hidráulica de las fosas aumentando el área base de las mismas.
- Elevar la base de la fosa de la letrina para maximizar el espesor de la zona de suelo no saturado que ejerce de descontaminador de los efluentes.
- Aumentar el revestimiento interior de la fosa, especialmente en la base, donde actualmente es inexistente, cosa que conllevaría un vaciado periódico de la letrina.
- Ubicar la letrina cuesta arriba y en contra dirección del flujo de la capa freática de una fuente subterránea (pozo).

7.1.2. Aspectos relevantes en la decisión de construcción de un pozo

Los aspectos más importantes que determinarán la posibilidad de construir o no, el pozo son los siguientes:

7.1.2.1. Composición del agua subterránea extraída del acuífero

Antes de la construcción del pozo será esencial la realización de una perforación para el análisis microbiológico y químico del agua, y así analizar si ésta es potable. En el capítulo 6 del anexo se muestran las concentraciones admisibles de cada contaminante.

La calidad del agua determinara la posibilidad de la construcción del pozo, ya que, a pesar de que existen múltiples métodos físico-químicos para la eliminación efectiva de contaminantes, el coste que suponen algunos de ellos es insostenible para el caso de la construcción de un pozo en San Francisco.

7.1.2.2. Tratamiento posterior a la extracción del agua

Dado que no se tiene certeza de la eliminación total de los microorganismos de los efluentes a su llegada al acuífero, será imprescindible la inserción de un sistema de desinfección en el depósito de almacenamiento, y así asegurar la potabilidad del agua que se distribuirá.

El vertido de hipoclorito sódico en el agua es la solución más sencilla en este caso, por su abundancia y economía (se han realizado recientemente grandes esfuerzos de concienciación por parte de las autoridades para que la población potabilice el agua con cloro. Actualmente es un producto muy extendido que se encuentra en muchos puntos de venta a bajo precio). Sin embargo, el cloro utilizado para desinfectar el agua (hipoclorito sódico) puede producir Trihalometanos (THM) al reaccionar con materia orgánica presente

en el agua para potabilizarla. Estas sustancias residuales producidas pueden ser causantes de cáncer según algunos estudios. A pesar de ello, la OMS recomienda la cloración para las zonas más desfavorecidas del planeta [39].

7.1.2.3. Control de la calidad del agua extraída y distribuida

Finalmente, una vez construido el pozo, será necesario el monitoreo regular del agua extraída para confirmar su potabilidad. Este mantenimiento será especialmente importante en las épocas de lluvias e inundaciones, durante las que es probable que un proceso de potabilización extraordinario se tenga que realizar con el agua para garantizar su potabilización (las concentraciones admisibles de cada contaminante se encuentran en el capítulo 6 del anexo).

7.1.2.4. Necesidades energéticas

Para el bombeo del agua del pozo hasta la superficie será necesario el uso de electricidad. Esto comporta dos aspectos técnicos a estudiar en profundidad:

- Hacer llegar la electricidad a la ubicación del pozo o generarla in situ (ej. bomba solar), ya que el lugar donde se ubicará no consta de puntos de corriente eléctrica cercanos.
- Disposición de un mecanismo manual para la extracción del agua del acuífero en casos en que no se disponga de electricidad.

Además, gran cantidad de energía será necesaria para el uso de maquinaria de perforación durante las obras, por lo que será necesario el uso, puntualmente, de un generador eléctrico. Sin embargo, los taladros usados para la perforación de pozos de esta magnitud, tienen incorporado su propio generador eléctrico, el cual funciona con diésel.

Así pues, si finalmente se decide la construcción de un pozo, se tendrán que tener en cuenta tanto la ubicación, como el diseño, como las fuentes de energía, hasta el mantenimiento y control de calidad.

7.1.3. Proceso de construcción de un pozo

7.1.3.1. Análisis de costes y beneficios

La perforación de un pozo implica un coste inicial alto, y es esencial contar con los costes de bombeo del agua y del mantenimiento de los sistemas. Esta primera etapa corresponde a los estudios realizados en el capítulo 7.1 y en el capítulo 8 de este proyecto, mediante los que se evaluará la viabilidad de la construcción de un pozo.

En caso de que los estudios muestren que este proyecto es sostenible, se procederá a realizar las etapas que se detallan a continuación.

7.1.3.2. Determinación de la ubicación específica y compra del título de la parcela en la que se construirá el pozo

Esta etapa está condicionada por los estudios de la etapa anterior, sin embargo, estos deberán ser complementados con información sobre estudios geológicos de la zona, registros de perforación y mapas topográficos.

Así mismo, es imprescindible tener en cuenta que la ubicación del pozo tiene un impacto muy relevante en cuanto a la sostenibilidad del proyecto. No sólo deben tenerse en cuenta las características del terreno para garantizar la cantidad y calidad de agua necesarios, sino que también hay que considerar qué hay en ese lugar actualmente, qué uso se le da y qué importancia tiene para los habitantes de San Francisco.

Así pues, se han determinado algunas condiciones fundamentales que se deben respetar a la hora de fijar la ubicación concreta del pozo:

- a. No invadir el espacio de las familias que no disponen de títulos para construir sus hogares. Aunque estas familias habiten en estructuras frágiles y provisionales en terreno público, este proyecto quiere respetar y ayudar especialmente a las personas con menos recursos y en riesgo de exclusión.
- b. No invadir los espacios de trabajo de las familias de Sabana Yegua. En este punto se hace especial referencia a las parcelas situadas al otro lado del canal de riego. Este lugar es la fuente de trabajo, y por lo tanto de ingresos, de la mayor parte de familias de San Francisco, así que la construcción de un pozo en sus cercanías debería mejorar las condiciones de trabajo de estas personas y aumentar el valor de sus parcelas.
- c. Respetar los 50 m de distancia mínima de seguridad respecto a la letrina más cercana determinado en el capítulo 7.1.1 para minimizar la posible contaminación de las aguas del acuífero captadas por el pozo.

Una posible ubicación del pozo, teniendo en cuenta las condiciones anteriores sería la que se muestra en la Figura 7.4., al otro lado del canal Ysura.



Figura 7.4. Posible ubicación del pozo, a 55,7m de la letrina más cercana. Fuente: elaboración propia.

Obtener el título del terreno a explotar es imprescindible para obtener todos los permisos de explotación del pozo y para poderlo construir. Actualmente el terreno propuesto es propiedad de un terrateniente y no está en uso.

7.1.3.3. Primer esquema descriptivo y sostenibilidad del proyecto

El estudio teórico de sostenibilidad sirve de apoyo para la toma de decisión de seguir adelante con este proyecto, y la realización de una primera estimación económica del impacto que tendrá.

Sin embargo, ante todo, el proyecto de construcción de un pozo en San Francisco, para mejorar la calidad de vida de los habitantes de este barrio, debe ser un proyecto aceptado por ellos y adaptado a ellos.

Así pues, una vez se tenga un primer esquema descriptivo del pozo, éste debe ser presentado a los usuarios y escuchar sus necesidades. Además, el proceso constructivo del pozo debe incluir a profesionales locales, fomentando trabajo en el área, y aprovechando así la oportunidad de formar a más personas en este ámbito.

7.1.3.4. Perforación de exploración

Se efectuará una perforación de reconocimiento, en diámetro reducido, hasta una profundidad aproximada de 60 m a 70 m para realizar un muestreo sedimentológico seriado cada 3 m de perforación. Mediante el análisis de éste, se determinará el perfil del subsuelo.

Esta etapa, complementada por las etapas anteriores, permitirá establecer el tipo de pozo de explotación que requiere este proyecto, teniendo en cuenta la profundidad adecuada de aislamiento y la localización de la profundidad a la que se encuentre el sector filtrante de máxima permeabilidad. Además, también servirá para realizar un análisis microbiológico y químico del agua, y así comprobar si ésta es potable.

7.1.3.5. Diseño del pozo y determinación del proceso de construcción

En los sistemas de captación, la profundidad necesaria de excavación se determinará en función del tipo de suelo que se encuentre en las perforaciones de exploración. Para poder realizar una estimación del impacto económico (capítulo 8.3), en este estudio se tomará como referencia el sistema de captación y de construcción de un pozo construido a 6 Km de la posible ubicación del pozo de San Francisco (ver capítulo 7 del anexo).

A continuación, la Tabla 7.4 muestra las características pozo del Km 8 de Azua, y permite compararlas con las características que debería tener el pozo de San Francisco:

	<i>Pozo del Km 8 de Azua</i>	<i>Pozo de San Francisco</i>
<i>Producción de agua</i>	130 L./ min	130 L./ min aprox.
<i>Profundidad</i>	40 m.	35 m. aprox.
<i>Elevación del depósito</i>	8 m.	Según sea necesario
<i>Familias beneficiadas</i>	503 familias	406 familias
<i>Puntos de distribución</i>	28	17
<i>Longitud red de distribución</i>	4 Km	3,5 Km

Tabla 7.4. Comparativa entre el pozo de Km 8 y el pozo de San Francisco. Fuente: elaboración propia.

El número de puntos de distribución (fuentes) del agua del pozo de San Francisco se basa en la necesidad de la disposición de un punto de agua a una distancia máxima de 350 m. de la vivienda más lejana. Su distribución se puede ver en la Figura 7.5:



Figura 7.5. Posible distribución de los puntos de agua proveniente del pozo de San Francisco. Fuente: elaboración propia.

7.1.3.5.1 Sistemas de tratamiento y almacenamiento

Así como los sistemas de captación y conducción pueden variar en función del terreno que se escoja finalmente, los sistemas de tratamiento y almacenamiento tienen unos claros condicionantes estudiados en el capítulo 7.1.1., y deberán cumplir en todo momento los requisitos de construcción expuestos en el capítulo 7.1.2.

Una vez el agua se extraiga del pozo mediante bombeo, ésta debe ser almacenada en un depósito, y posteriormente, ser clorada. El depósito deberá ser de gran capacidad (alrededor de 20.000 L.), elevado unos 10 m del nivel del suelo para que la distribución a las fuentes no requiera de bombeo posterior.

Una vez pasado este tratamiento, podrá ser distribuida mediante acueductos a puntos más cercanos a las viviendas, los cuales dispondrán de llaves de paso manuales que se abrirán y cerrarán a disposición de los usuarios, siempre teniendo en cuenta la cantidad de agua disponible.

7.1.3.6. Obtención de permisos

La autorización de la construcción y explotación de pozos para el uso de aguas subterráneas en República Dominicana se realiza mediante concesiones de uso. Este permiso se concede al usuario o usuarios demandantes para un volumen concreto de agua en un tiempo específico, que depende de la caracterización del pozo y los compromisos de uso de las reservas del acuífero.

Esta etapa debe gestionarse a través de la Dirección de Agua y Cuencas Hidrográficas del

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Los documentos a presentar se enumeran a continuación [40]:

- a. Carta de solicitud, dirigida al Ministro de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- b. Copia de cédula del promotor de proyecto (documento de identificación).
- c. Copia de título del terreno.
- d. Exigencias del proceso de Evaluación Ambiental.
- e. Informe de construcción del pozo.
- f. Memoria explicativa del uso que se dará a las aguas.
- g. Descripción de los sistemas de captación y conducción previstos.
- h. Descripción de los sistemas de tratamiento y almacenamiento previstos.
- i. Plano general del terreno o zona de alumbramiento de las aguas.
- j. Características constructivas del pozo.
- k. Cheque certificado o de administración a nombre del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, al momento de la solicitud del permiso.

7.1.3.7. Construcción del pozo con la ayuda de todos

La construcción del pozo se realizará mediante una empresa dominicana, preferentemente de la provincia de Azua. En el proceso constructivo se incluirá a los habitantes de San Francisco que lo deseen, intentando que cada representante de una familia tenga una tarea concreta en relación al pozo, y de esta manera, fomentar la cooperación y la valoración del proyecto por parte de las familias que lo reciben.

Con esta colaboración colectiva, se pretende que los habitantes valoren el proyecto que se les ha destinado y aprendan a mantenerlo.

Además, durante y después de la construcción del pozo se creará un equipo de mantenimiento a los que se les dará la formación necesaria para que el barrio pueda ser autosuficiente, y que estas personas a su vez puedan formar a otras para que el pozo esté siempre atendido y controlado.

7.2. Acueducto: aumento de la red de distribución

Dado que la red de distribución de Sabana Yegua llega hasta el centro de nutrición de San Francisco, una de las opciones para hacer llegar el agua corriente a las casas sería alargar esta misma red ya existente.

7.2.1. Dimensión de las necesidades

Actualmente, unas 1560 casas tienen acceso directo al agua (tienen punto de agua en su vivienda). En San Francisco, así como en algunas calles cercanas al barrio, ninguna casa tiene acceso, por lo que sería necesario dimensionar el sistema de distribución de agua para que pudiese soportar la demanda de alrededor de 600 viviendas más. Este redimensionamiento implica:

- Aumento de la red de distribución (acueducto).
- Aumento de la potencia de bombeo del agua.
- Aumento del caudal de agua.

Debido a la distribución de las calles de San Francisco, para que cada casa tuviese acceso directo a agua sería necesaria la instalación de 14 Km de tuberías.

7.2.2. Implementación de la solución: INAPA

Al contemplar esta posible solución, se debe tener en cuenta que la red de distribución de agua de Sabana Yegua está a cargo de INAPA, así que todas las obras de ampliación y modificación del sistema de distribución de agua, deberán realizarse por esta institución. Por esta razón, se estudiarán cuáles son los impactos que tendría una obra de estas características en Sabana Yegua, y la sostenibilidad de ésta. También se expondrán las acciones que se deberían tomar para realizar una petición formal de ampliación de la red en caso de que esta opción fuese la más indicada.

Por un lado, la ventaja de esta solución es que se trata de ampliar una red de distribución ya existente, por lo que parte de la obra ya está realizada.

Por otro lado, el inconveniente que presenta es la necesidad de un redimensionamiento, en la medida de lo posible, de esta infraestructura. Tal y como se mostró en el capítulo 3.5 y en el capítulo 4, los sistemas actuales de distribución del agua en Sabana Yegua están infra dimensionados para la demanda que tienen. Este hecho se hace patente en el día a día de los habitantes de Sabana Yegua, los cuales solo pueden disponer de agua corriente durante unas horas del día. Una solución a este problema sería la construcción de un pozo

junto a la ETAP, de manera que el caudal de agua que llegase a San Francisco mediante el acueducto, fuese mayor.

Si los habitantes de San Francisco fuesen conocedores del ahorro que significaría para sus familias el pago anual de un título de agua en vez de la compra de agua del camión o de agua embotellada, seguramente accederían a pagarlo (ver capítulo 8.3). Sin embargo, el pago de títulos significaría que estas personas deberían tener acceso a un punto de agua, cosa de la que actualmente no disponen por falta de infraestructura.

En caso de que se pruebe, con este estudio, que el aumento de la red de distribución es la solución más indicada para el problema existente en San Francisco, y los habitantes estén dispuestos a pagar un título de agua, se deberá acudir al departamento local del INAPA en Azua de Compostela y exponer la situación. Según el Art. 52 / Ley 5852 – 1962 (ver capítulo del anexo), los habitantes que paguen un título de agua tienen derecho a ella.

Paralelamente, la financiación de este proyecto debería negociarse con el INAPA y el Síndico Municipal de Sabana Yegua dada la situación económica de la zona afectada. Sin embargo, debe tenerse en cuenta la legislación de Republica Dominicana que en la que se cita:

“La inversión en infraestructura hidráulica será cubierta por beneficiarios en función de la cantidad de agua; y podrá hacerse Pagos en efectivo o en especie.” (Art: 70 / Ley 5852–69; Art. 70 / Ley 5852–62 + modificaciones, ver capítulo 4 del anexo).

Según lo expuesto, los cargos deberían cubrirse por los beneficiarios. De esta manera, como proyecto de cooperación, deberá estudiarse la sostenibilidad económica de este proyecto y plantear modos de financiación a plazos que permitan que las familias puedan asumir tal inversión.

7.3. Campaña de hábitos higiénicos

A pesar de la necesidad de una mejora de la accesibilidad al agua, es imprescindible combatir con las malas prácticas higiénicas en su uso que facilitan su contaminación. Se ha comprobado, mediante las encuestas realizadas (ver capítulo 5.3) que, si no se erradican estas costumbres, todos los esfuerzos de potabilización previos serían prácticamente inútiles. Así pues, la campaña de hábitos higiénicos que se expone a continuación, pretende ser un complemento a las dos soluciones expuestas anteriormente.

Durante la estancia en San Francisco, se han observado las prácticas de almacenamiento de agua y de toma de ésta para la ingesta:

Por un lado, esta se confirma una de las conclusiones de las encuestas: gran parte de las familias mezclan agua potable con agua no tratada, por lo que ésta queda contaminada si no se clora debidamente (ver Figura 7.6).



Figura 7.6. Vertido de agua potable en un bidón que puede contener agua no potable [41].

Por otro lado, se ha detectado que, habitualmente, para tomar el agua de un bidón, las personas introducen potes más pequeños, o incluso las manos, para llenarlos de agua, ya sea para cocinar o para beber. Este gesto, al que están tan habituados, puede ser una de las causas de muchos de los episodios de diarrea que sufren, aunque el agua esté clorada, ya que los potes o las manos pueden estar contaminados. En la Figura 7.7 y en la Figura 7.8, se muestra la acción mencionada, que se repite varias veces al día en las familias dominicanas:



Figura 7.7. Mujer cogiendo agua de un bidón [42].



Figura 7.8. Funcionamiento actual de la captación de agua para consumo. Fuente: elaboración propia.

Para evitar este gesto, que puede resultar nocivo para las personas, se ha concebido un cambio que se puede introducir fácilmente en los bidones de los hogares para mejorar la conservación higiénica del agua y su consumo saludable.

Los parámetros más relevantes son:

- Mantener el recipiente cerrado salvo cuando éste se cargue de agua.
- No entrar en contacto con el agua, ni manos, ni utensilios que puedan estar contaminados.
- Clorar el agua cada vez que se rellene, y siempre con la cantidad de cloro que se especifiquen en las instrucciones del producto.
- Limpiar el bidón regularmente para retirar posibles sedimentos lodosos que puedan dar lugar al crecimiento de microorganismos (aproximadamente cada dos semanas).

Así pues, el cambio que se quiere introducir, consta de la inserción de un grifo y de una tapa en los bidones, para minimizar su contaminación. Para facilitar el uso de este nuevo sistema en las viviendas, se recomendará a los usuarios la elevación del bidón respecto el nivel del suelo, así como la fijación de la tapa al bidón para evitar la pérdida de ésta. A continuación, en la Figura 7.9 se muestra un esquema de los cambios a introducir:



Figura 7.9. Cambios a introducir en los bidones de las viviendas de San Francisco. Fuente: elaboración propia.

En primer lugar, el grifo debe ser un sistema de válvula de bola sencillo y fácil de reparar o cambiar en caso de obstrucción o deterioro. Para garantizar un precio asequible, se ha determinado que el material de éste, sea plástico. Existe en el mercado azuano gran cantidad de oferta de estos sistemas por sus múltiples aplicaciones, así pues, encontrar recambios a buen precio, no debería ser un problema.

Actualmente se venden en el mercado sistemas con todos los componentes tal y como se puede ver en la Figura 7.10, y son los que se procederá a instalar en los bidones. La instalación del grifo en los bidones se realizará a las familias que lo deseen una vez explicada su utilidad, y no tendrá ningún coste para ellos.



Figura 7.10. Sistema completo del grifo, preparado para instalar [43].

En segundo lugar, cada bidón requiere de una tapa distinta en función de sus dimensiones y su forma, así pues, no es posible generalizar el uso de una única tapa. Además, se ha observado que gran parte de las familias ya disponen de tapa para su bidón, aunque es posible que le hayan dado otro uso.

7.3.1. Implantación de la solución

Con objetivo de introducir la solución de mejora de hábitos higiénicos en el trato del agua en el hogar, de manera que se adapte lo máximo posible a las formas de hacer y pensar de sus usuarios, se ha diseñado una implantación de esta solución que puede desglosarse en dos partes:

Por un lado, antes de implantar ningún sistema, es necesario concienciar a la población sobre los beneficios que ésta aportaría a su hogar. De esta manera, una vez las familias sean conscientes de qué significa realizar un cambio semejante en las instalaciones de su vivienda, y lo deseen, se les informará de cómo deben realizar la instalación, dónde pueden encontrar repuestos y como deben mantenerla. Así mismo, se aprovechará para tomar medidas del depósito y comprobar si está tapado. En caso negativo también se proveerá una tapa y una anilla para fijarla. Durante este período de concienciación de la población es tan importante explicar el por qué se debe cambiar de costumbres para tomar el agua, como la necesidad de clorarla y las cantidades necesarias en cada caso (según dimensiones del depósito).

Por otro lado, la búsqueda de proveedores dominicanos de grifos que puedan instalarse fácilmente en un depósito y que tengan un precio asequible. El objetivo de esta parte, radica fundamentalmente en poder ofrecer una solución que permita a los beneficiarios ser autosuficientes en cuanto a su reparación y reposición, así como contribuir al desarrollo económico del país.

8. Estudio de sostenibilidad de las posibles soluciones

Para identificar los impactos que pueden desencadenar o producir las soluciones presentadas, ya sea en la fase de construcción como en funcionamiento, a continuación, se analizan, desde el punto de vista de su interacción con el medio ambiente, la sociedad y la economía.

Mediante la matriz de tipo Causa-Efecto del capítulo 8 del anexo, se presenta esquemáticamente el carácter de cada posible impacto sobre diversos factores. El objetivo de ésta es definir y valorar los efectos que pueden aparecer como consecuencia de una obra proyectada y evaluar el impacto global de ésta.

Cada tipo de acción, puede dar lugar a diferentes impactos, los cuales se han valorado según los parámetros definidos a continuación.

8.1. Impacto Medioambiental

Se estudiará paralelamente el impacto causado tanto por la construcción de un pozo como por la ampliación de la red de distribución del agua sobre factores medioambientales.

Cabe tener en cuenta, que, para realizar la construcción de los puntos de distribución de agua a las calles proveniente del pozo, sería necesario levantar 3,5 Km de suelo. En cambio, para la ampliación de la red de acueducto público de Sabana Yegua ya existente, la longitud de línea a perforar sería cuatro veces mayor (14 Km).

Además, la construcción del pozo, significa el aprovechamiento de un bien abundante en el subsuelo de San Francisco, y aseguraría abastecimiento tanto en las épocas de lluvia como en las de sequía. Contrariamente, la ampliación de la red de distribución provocaría la disminución del agua disponible por familia en Sabana Yegua, cantidad que, actualmente, ya es insuficiente.

Una ventaja que aporta la construcción del pozo a nivel medioambiental, es que el control regular de la calidad de agua que se extrae, actuará como indicador de la contaminación del suelo. Esto permitirá, indirectamente, regular de una manera más eficiente, tanto el uso de fertilizantes y pesticidas en los cultivos, como las fosas de las letrinas de las viviendas, las cuales actualmente no reciben ningún tipo de seguimiento en cuanto a la contaminación del suelo que puedan causar.

Finalmente, en el estudio medioambiental no puede omitirse el vertido de cloro en el agua. El cloro utilizado para desinfectar el agua (hipoclorito sódico) es un compuesto químico que en grandes cantidades puede afectar gravemente al medio donde se vierta. Inicialmente se adoptará esta sustancia para la desinfección del agua por las ventajas que presenta, aunque se contempla la posibilidad en un futuro, de utilizar métodos más respetuosos con el medioambiente como los que se presentan a continuación.

8.1.1. Alternativas al tratamiento de agua

Inicialmente se adoptará el cloro para la desinfección del agua por las ventajas que presenta, aunque se contempla la posibilidad en un futuro, de utilizar métodos más respetuosos con el medioambiente como los que se presentan a continuación (Tabla 8.1):

Alternativa	Ventajas	Inconvenientes
Clorar el agua	Efectivo en la eliminación de bacterias. Bajo coste. Accesible y aceptado por la población.	Cambia el sabor del agua. Requiere disciplina para su aplicación. Requiere un recipiente apropiado con tapa y llave para almacenar el agua. No disminuye la turbidez. No es manejable por los niños.
Hervir el agua	La tecnología es conocida y aceptada por la población. Efectiva en eliminación de bacterias si se hierve 7 min.	Requiere largo tiempo de enfriamiento. Requiere combustible (favorece la deforestación). No disminuye la turbidez. No es manejable por los niños.
Filtros de arena	Económico. Producido localmente. Disminuye turbidez.	Requiere disciplina para su mantenimiento. No se consigue la arena fina en todas partes. No elimina totalmente las bacterias.
Pasteurización solar (SODIS)	Elimina bacterias. No contamina. Económico. De fácil uso. El equipo se obtiene localmente (pueden usarse botellas de plástico transparentes, sería una manera de reciclar).	Requiere por lo menos 4 horas en el sol para potabilizar el agua (no se podría realizar en las épocas de lluvia). Cambia de sabor al agua. Requiere disciplina. No puede implementarse si el agua es turbia. Se desconoce si sería aceptado por la población.
Filtros de cerámica	Fácil de utilizar. Mantiene el agua fresca. El recipiente permite servir	No elimina totalmente los contaminantes. Frágil. Requiere de

	directamente el agua. Elimina la turbiedad.	limpieza periódica. Debe renovarse después de un año. Poco comunes en República Dominicana, hay un fabricante en Moca.
Filtros de cerámica con plata coloidal ¹³ (FILTRON)	Elimina las bacterias. Fácil de utilizar. Mantiene el agua fresca. El recipiente permite servir directamente el agua. Elimina la turbiedad.	Coste: 10 €/filtro. Frágil. Requiere mantenimiento periódico. Se debe reemplazar el elemento filtrante cada año (4 €/ (filtro y año)). No se fabrican en República Dominicana.

Tabla 8.1. Métodos alternativos para la desinfección del agua. Fuente: [44].

8.2. Impacto Social

Por un lado, la construcción de un pozo al otro lado del canal permitiría la rehabilitación de la zona, (actualmente es el lugar donde viven las personas con menor poder adquisitivo y se encuentran aislados socialmente). Se crearía un lugar de paso, crearía un puesto de trabajo (cloración y posibles monitoreos del agua), y estrecharía los vínculos entre los habitantes de un lado y otro del canal.

Además, el pozo garantizaría la independencia de San Francisco en cuanto a la distribución del agua de Sabana Yegua, que está actualmente sobresaturada de demanda para las capacidades que le otorga su diseño y estado.

Por otro lado, la ampliación de la red de distribución presentaría una solución que garantizaría la igualdad de condiciones de todos los habitantes de Sabana Yegua. Sin embargo, dadas las condiciones actuales de la ETAP de Sabana Yegua, y la disponibilidad de agua que llega de la presa de Sabana Yegua, esta solución provocaría la disminución de la calidad de vida de los habitantes que ya disponen de acceso al agua en sus hogares (al aumentar la demanda, disminuiría la disponibilidad por punto de agua). En caso de implementarse esta solución, debería estudiarse la posibilidad de la construcción de un pozo cercano a la ETAP para aumentar la cantidad de agua que se suministra a Sabana Yegua y así aumentar el caudal de agua que llega a Sabana Yegua.

Finalmente, tanto en lo que respecta a la construcción de un pozo en San Francisco, como la inserción de mejoras en el sistema de almacenamiento de agua en las viviendas, será necesaria la socialización del proyecto. Esto significa promover el uso eficiente del agua por

¹³ nanopartículas de plata de alta pureza, cargadas eléctricamente.

parte de los usuarios a través de campañas de concienciación, educación y capacitación dirigidas a la población. En el diseño de estas campañas se tendrán en cuenta las particularidades de la estructura social de San Francisco, de manera que los líderes comunitarios y la propia comunidad puedan sentir suyo el proyecto y lo vean como una mejora de la calidad de vida por la que vale la pena esforzarse.

8.3. Impacto Económico

8.3.1. Construcción de un pozo en San Francisco

Para el cálculo de los costes que se muestran en la Tabla 8.2, se ha utilizado como referencia la obra de construcción de un pozo en el Km 8 de Azua (2012-2015), también se utilizarán los costes desglosados de algunas obras hidráulicas realizadas por el INDRHI.

Se han considerado dos opciones: la distribución del agua por debajo de las calles mediante acueductos subterráneos y fuentes, y la distribución del agua mediante cañerías superficiales y fuentes. Ambas opciones comportan costes de construcción y necesidades de mano de obra distintas (ver capítulo 10.1 del anexo).

Concepto	Distribución del agua subterránea	Distribución del agua superficial
1 Partidas generales de construcción	2.060 €	2.060 €
2 Obtención de permisos	100 €	100 €
2 Sistema de bombeo del agua	3.000 €	3.000 €
3 Almacenamiento agua	2.500 €	2.500 €
3 Sistema de distribución del agua	80.500 €	17.500 €
4 Mano de obra	49.500 €	31.500 €
INVERSIÓN INICIAL	137.660 €	56.660 €
COSTE DE MANTENIMIENTO ANUAL	3.089 €	3.066 €

Tabla 8.2. Presupuesto estimado para la construcción de un pozo. Fuente: elaboración propia.

Dado que los costes de mantenimiento son prácticamente iguales en ambos casos, el tipo de obra a realizar dependerá fundamentalmente de dos factores: la decisión de los beneficiarios y la municipalidad, y el capital disponible para realizar la obra.

8.3.2. Ampliación de la red de distribución de Sabana Yegua

El coste de ampliación del acueducto ha sido extraído de datos de obras públicas recientes realizadas en la República Dominicana ([45], [46], [47], y [48]). Concretamente, se ha estudiado tres casos de ampliaciones de acueductos de agua potable, en el capítulo 10.2 del anexo se pueden ver los cálculos realizados para obtener un coste aproximado de lo que costaría la misma obra en Sabana Yegua. Cabe destacar, que en los tres casos los costes de construcción ya consideran la necesidad de instalar un sistema de bombeo de mayor potencia, así como la mano de obra de construcción.

Para el cálculo del coste de mantenimiento del sistema de distribución, se tomará del 5% del coste de construcción.

A continuación, en la Tabla 8.3 se muestran los costes de mantenimiento y la inversión inicial para la aplicación de la solución, tanto con la construcción de un pozo para aumentar el caudal, como simplemente ampliando la red de distribución:

Concepto	Precio unitario	Cantidad Estimada	Total
Ampliación del acueducto con construcción de un pozo en la ETAP	90 €/m	14.000 m	1.260.000 €
Ampliación del acueducto	37 €/m	14.000 m	518.000 €
INVERSIÓN INICIAL			1.260.000 518.000 €
COSTE DE MANTENIMIENTO ANUAL			63.000 25.900 €

Tabla 8.3. Presupuesto de ampliación del acueducto de Sabana Yegua. Fuente: elaboración propia.

8.3.3. Campaña de hábitos higiénicos y mejoras de sistema de almacenamiento de agua

Los costes de esta solución son susceptibles de cambios debido a que la implantación de esta solución en las viviendas dependerá de la voluntad de cada familia, una vez realizada la parte de concienciación de la campaña.

Así pues, para los cálculos económicos se considerará que el 60% de las familias de Sabana Yegua que no disponen de acceso directo a puntos de agua (550 familias) estarán dispuestos a adoptar las propuestas de esta solución para mejorar el sistema de almacenamiento de agua de su hogar, sin embargo, gran parte de estas familias ya

dispone de tapa para su bidón, por lo que se considerará que solo un 20% de las familias sin acceso directo a agua necesitará tapa.

No se considerará ningún coste de mantenimiento para la solución implementada. Se establece un tiempo útil de la solución de 5 años, pasado este período, es posible que el sistema deba renovarse por completo, especialmente el grifo.

De esta manera, los costes de implementación de la campaña de hábitos higiénicos, son los que quedan resumidos en la Tabla 8.4.

Concepto	Precio unitario	Cantidad Estimada	Total
Tapa para un bidón	5 €/unidad	110 unidades	550 €
Anilla para unir la tapa al bidón	0,2 €/unidad	400 unidades	80 €
Sistema completo de grifo	3 €/unidad	400 unidades	1.200 €
INVERSIÓN INICIAL			1.830 €

Tabla 8.5. Presupuestos para la implantación de mejoras en el almacenamiento de agua de las viviendas.

8.4. Análisis económico comparativo de las soluciones a largo plazo

8.4.1. Financiación de los costes iniciales

Para la reciente construcción del pozo en el Km 8 de Azua se dispuso de una distribución subterránea del agua, la construcción íntegra de la obra costó aproximadamente 150.000 €, que se financiaron de la siguiente manera (ver Tabla 8.6):

Aportaciones	Distribución del agua superficial
Locales	79.700 €
• Beneficiarios	42.700 €
• Municipalidad	15.000 €
• FUNDASEP	22.000 €
Generales	66.800 €
• Manos Unidas	60.000 €
• Nuevos Caminos	6.800 €
COSTE TOTAL	146.500 €

Tabla 8.6. Financiación de la construcción del pozo de Km 8 de Azua en 2015.

Como se puede ver en la Tabla 8.6, los beneficiarios aportaron 42.686 €, lo que supone una contribución de 85 € por familia aproximadamente. Esta cantidad corresponde al 3,5% de sus ingresos totales en un año, cantidad que se considera sostenible.

8.4.2. Costes a largo plazo

Para establecer una referencia del impacto económico que cada una de las soluciones propuestas podría tener en las finanzas de una familia a largo plazo, a continuación, se detalla, mediante la Tabla 8.7, una comparación entre los gastos actuales de familias sin acceso directo a agua y los gastos que les supondría el acceso a agua mediante alguna de las soluciones.

Para los cálculos se tomarán los siguientes datos [49]:

- Una familia de media está compuesta por 5 miembros
- Consumo anual de agua de una familia: 6.400 L.
 - 20% agua embotellada
 - 60% agua del camión cisterna
 - 20% agua de la llave pública

En cambio, una vez adoptada alguna de las dos soluciones propuestas, el consumo de agua embotellada podría reducirse al 5%, y el 95% restante corresponderá al agua que llegará a los hogares, tal y como ocurre en las familias con acceso directo a agua.

Concepto	Precio unitario	Cantidad Consumida	Total anual
Gastos actuales			48 €
• Agua embotellada	0,03 €/ L.	1280 L.	38,4 €
• Agua del camión cisterna	0,0025 €/ L.	3840 L.	9,6 €
• Agua de la llave pública	0 €/ L..	1600 L.	0 €
Gastos con la construcción de un pozo			16,6 €
• Contribución al mantenimiento del pozo	-	-	7 €
• Agua embotellada	0,03 €/ L..	320 L.	9,6 €
Gastos con la ampliación de la red de distribución			15,6 €
• Pago de títulos de agua	6 €/ año	-	6 €
• Agua embotellada	0,03 €/ L.	320 L.	9,6 €

Tabla 8.7. Comparación entre los gastos actuales de una familia y los gastos que tendrá con la aplicación de soluciones.

Tanto con la construcción de un pozo, como con la ampliación del acueducto, el precio anual que deberán pagar las familias de San Francisco por tener agua más cerca de sus viviendas y de mejor calidad es al que pagan actualmente. Éste coste constituye un 1,4% de la facturación anual de las familias, y supone un aumento sustancial de la calidad de vida.

9. Estudio Económico

A continuación, en la Tabla 9.1, se presenta un presupuesto para la realización del presente proyecto.

Debido al carácter de este proyecto, algunos de los conceptos susceptibles de generar gastos, no se incluyen en el presupuesto, ya que las personas que han realizado estas acciones son voluntarios o cooperantes que trabajan de manera desinteresada.

Dado que se trata de un estudio de viabilidad, no se consideran los costes de implementación de las soluciones. Sin embargo, sí que se tendrá en cuenta el viaje a República Dominicana realizado previamente al inicio de este estudio teórico, financiado por el CCD y la estudiante.

Concepto	Precio unitario	Unidades	Total
1 Viaje y estancia			1.505 €
• Viaje a República Dominicana	1.100 €	1	1.100 €
• Tasa de entrada a República Dominicana	20 €	1	20 €
• Gastos médicos	50 €	1	50 €
• Seguro de viaje	30 €	1	30 €
• Dietas de la estudiante y alojamiento	5,5 €	45	250 €
• Desplazamientos internos	1 €	45	45 €
• Comunicaciones	0,5 €	20	10 €
2 Personal			1.800 €
• Asesor de la UPC	60 €	20	1.200 €
3 Formación y sensibilización			100 €
• Material de difusión	100 €	1	100 €
TOTAL			2.805 €

Tabla 9.1. Presupuestos para la realización del presente proyecto. Fuente: elaboración propia.

Cronograma

El proyecto se ha estructurado en semanas, y comprende desde el inicio del viaje a República Dominicana (semana 1: 1 julio 2015) hasta la presentación del mismo (semana 40: 1 julio 2016).

Sin embargo, por razones de calendario, el proyecto se ha dividido en tres etapas separadas en el tiempo:

- Etapa 1: desde la semana 1 hasta la semana 6 (10 julio 2015 – 22 agosto 2015). Corresponde al viaje a República Dominicana.
- Etapa 2: desde la semana 15 hasta la semana 22 (24 de octubre 2015 – 12 diciembre 2015).
- Etapa 3: desde la semana 28 hasta la semana 40 (1 de abril 2016 – 1 de julio 2016).

A continuación, se muestra la planificación del proyecto mediante un diagrama de Gantt (ver Figura 10.1):

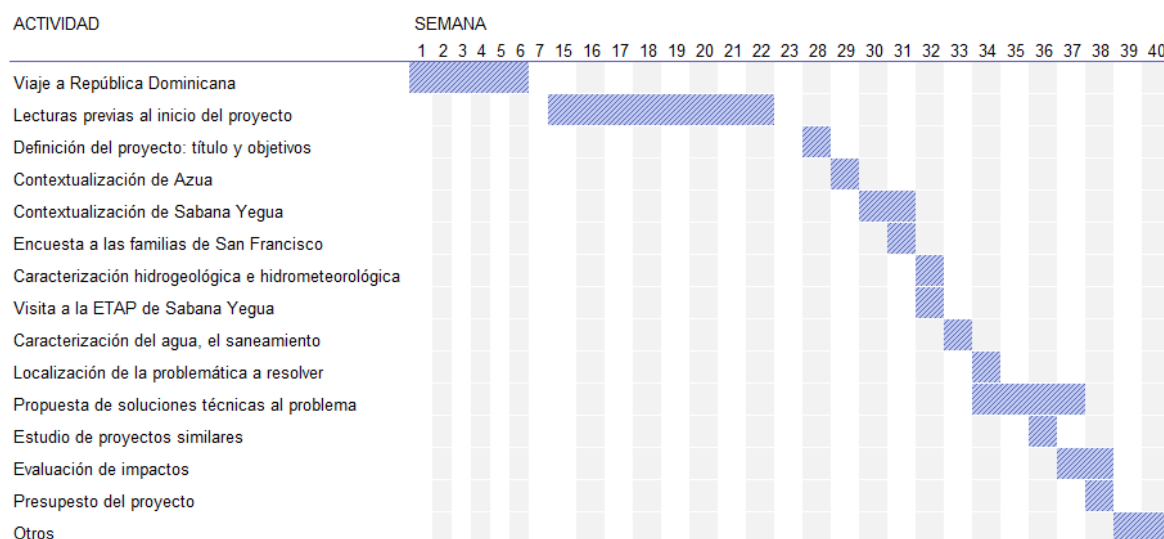


Figura 10.1. Diagrama de Gantt. Fuente: elaboración propia.

Conclusiones

De acuerdo con el estudio del sistema del suministro de agua de la población rural de Sabana Yegua, se ha detectado que éste es desigual e insuficiente, y existe la necesidad urgente de la creación de infraestructura para paliar este problema. Al mismo tiempo, los estudios realizados sugieren que la población es rica en aguas subterráneas, así pues, una de las posibles soluciones a investigar y finalmente proponer ha sido el aprovechamiento de este recurso natural del que dispone Sabana Yegua.

Concretamente en el barrio de San Francisco no se dispone de fuentes de agua, por lo que sus habitantes tienen una baja calidad de vida, se han detectado tres factores principales que contribuyen a este hecho: en primer lugar, la contaminación del agua que consumen, en segundo lugar, la lejanía de las fuentes de agua pública respecto a sus hogares, y, por último, la falta de red de saneamiento.

A partir de la contextualización institucional, tecnológica, social y económica de la zona del Km 11 de Azua, se han realizado dos propuestas para disminuir los dos primeros factores (la contaminación del agua y la lejanía de las fuentes). Éstas son, por un lado, la construcción de un pozo, y por otro la ampliación de la red de distribución de agua ya existente en Sabana Yegua a cargo de INAPA. Ambas soluciones se complementan con una campaña de mejora de los hábitos higiénicos en las casas.

Por un lado, en el caso de la ampliación de la red de distribución actual, en las épocas de sequía, el suministro de agua del acueducto de Sabana Yegua quedaría limitado a la disponibilidad de agua en la presa de Sabana Yegua, y a la regulación del INAPA. Mientras que el agua proveniente del pozo daría autosuficiencia a los habitantes de San Francisco y garantizaría la disponibilidad de agua en todas las épocas del año, generando, incluso, empleo por el mantenimiento del pozo y el control de la calidad del agua.

Además, la construcción de un pozo en el barrio de San Francisco significaría una explotación más eficiente de los recursos hídricos de Sabana Yegua, ya que utilizaría el agua disponible en el subsuelo, y minimizaría la necesidad de energía para bombear el agua, dado que está en el punto más elevado del pueblo.

Por otro lado, en cuanto a inversión inicial, las soluciones planteadas están económicamente muy diferenciadas: la modalidad más cara de la construcción de un pozo en San Francisco tiene un coste de 138.000 €, mientras que la modalidad más económica de la ampliación de la red de distribución de Sabana Yegua tiene un coste 518.000 €. Los costes de mantenimiento de ambos son similares, y tienen un impacto positivo sostenible en la economía de las familias beneficiadas.

Así pues, en caso de que el proyecto del pozo sea aceptado por los habitantes de San Francisco y la Municipalidad, y los análisis microbiológicos y químicos del agua extraída en las perforaciones de exploración previas a la construcción del pozo muestren que el agua es potable, la construcción de un pozo en San Francisco será la solución más indicada para el caso de Sabana Yegua.

Agradecimientos

A los miembros de Sonríe y Crece, por el entusiasmo y la dedicación que hacen que los proyectos de cooperación prosperen, especialmente a Pati Comella y Lio Jorba, punto de apoyo incondicional en República Dominicana.

A los miembros del CCD, porque han confiado en mi y han puesto los medios para poder hacer posible este proyecto.

A Núria Miralles, tutora del proyecto. Gracias por mostrarme una manera distinta de ver la cooperación y guiarme para aplicar con ciencia los conocimientos adquiridos tanto en el grado como en la experiencia de cooperación.

A Robert Garabito, un gran amigo que me ha abierto las puertas de su pueblo y me ha dado las herramientas necesarias para realizar este estudio.

A los miembros de la Parroquia La Sagrada Familia de Sabana Yegua, por recibirnos cada año con los brazos abiertos y por los conocimientos y consejos ofrecidos durante la elaboración de la memoria.

Bibliografía

Referencias bibliográficas

[1] ONU. Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas. *Decenio Internacional para la acción. El agua, fuente de vida.*

[<http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/background.shtml>, 24 de marzo de 2016].

[2] OMS. *Las Naciones Unidas revelan grandes insuficiencias en relación con el agua y el saneamiento – especialmente en las zonas rurales.* Comunicado de prensa conjunto OMS y ONU-Agua, 19 de noviembre de 2014.

[<http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2014/water-sanitation/es/>, 24 de marzo de 2016].

[3] OFICINA NACIONAL DE ESTADÍSTICA. *IX Censo Nacional de Población y Vivienda 2010.* [<http://censo2010.one.gob.do/index.php>, 8 de abril 2016].

[4] ZONU. *Mapa político de América Central y el Caribe.*

[<http://www.zonu.com/America-Central-y-Caribe/Politicos.html>, 14 abril 2016].

[5] ACADEMIA DOMINICANA DE LA HISTORIA. *Mapa Geográfico Administrativo de la República Dominicana.*

[<http://www.clio.academiahistoria.org.do/ipad/mapas/mapa.htm>, 8 de abril de 2016].

[6] INTERNATIONAL MONETARY FUND. *Gross domestic product per capita, current prices.*

[<http://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2015/01/weodata/weorept.aspx?sy=2013&ey=2020&scsm=1&ssd=1&sort=country&ds=%2C&br=1&pr1.x=63&pr1.y=14&c=243&s=NGDPDPC&grp=0&a=>, 15 de abril 2016]

[7] MINISTERIO DE ECONOMÍA, PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO DE REPÚBLICA DOMINICANA. *Informe País 2012-2016.*

[8] ENCICLOPEDIA DOMINICANA. *Azua* [<http://enciclopediadominicana.org/Azua>, 15 de abril 2016].

[9] KAREL HAITSMA. *Azua y los alrededores: mapas.*

[<http://karelhaitsma.hol.es/azuamapas.htm>, 14 abril 2016].

- [10] DIRECCIÓN GENERAL DE PROGRAMAS ESPECIALES. “Plan Nacional Quisqueya Aprende Contigo”.
[<http://digepep.gob.do/quisqueya-aprende-contigo>, 15 de abril 2016].
- [11] INSTITUTO AGRARIO DOMINICANO. *Más de 2 mil 500 familias de Azua reciben títulos definitivos*. Azua: IAD, 2016.
[<http://www.iad.gob.do/Noticias/Articulo/tabid/66/ArticleId/564/Mas-de-2-mil-500-familias-de-Azua-reciben-titulos-definitivos.aspx>, 8 de abril de 2016]
- [12] BANCO CENTRAL DE LA REPUBLICA DOMINICANA. *Las remesas en la República Dominicana 2013 bajo nueva fuente de Información*.
- [13] ONU. Fondo de Población de las Naciones Unidas. *Embarazos en adolescentes*.
[<http://www.unfpa.or.cr/index.php/programa-de-pais/areas-de-trabajo/salud-sexual-y-reproductiva/temas/prevencion-embarazo-adolescente>, 21 de abril 2016].
- [14] ONAMET. Oficina Nacional de Meteorología. [<http://www.onamet.gov.do/>, 12 mayo 2016].
- [15] USA NATIONAL HURRICANE CENTER. [<http://www.nhc.noaa.gov/>, 12 mayo 2016]
- [16] ESTRATEGIA INTERNACIONAL PARA LA PREVENCIÓN DE DESASTRES. *América Latina y el Caribe*. [http://www.eird.org/esp/revista/No3_2001/pagina24.htm, 13 mayo 2016]
- [17] EL CARIBE. *Escasez de agua trastorna vida y producción en el Sur*.
[<http://www.elcaribe.com.do/2015/04/30/escasez-agua-trastorna-vida-produccion-sur>, 9 de mayo 2016].
- [18] NOTICIAS SIN. Al menos 1000 afectados por las inundaciones en Azua. R.D.: mayo 2016.
[<http://www.noticiassin.com/2016/05/al-menos-1000-afectados-por-inundaciones-en-azua/>, 9 de mayo 2016].
- [19] ACENTO DOMINICANO. Lluvias provocan inundaciones y deslizamiento de tierra en Azua y Barahona. R.D.: mayo 2016. [<http://acento.com.do/2016/ecologia/8346424-lluvias-provocan-inundaciones-deslizamiento-tierra-azua-barahona/>, 9 de mayo 2016].
- [20] LUCIANO LÓPEZ, O. *Evaluación de los Flujos de Inversión y Financieros para la Adaptación al Cambio Climático en el Sector Agua de la República Dominicana. Primer Informe de Avance*. R.D.: Mayo 2010.

- [21] RAMÍREZ GARCÍA, A. RODRÍGUEZ ENCARNACIÓN, Y. Conocimiento de Geociencias para un desarrollo sostenible. *Empleo de isótopos para la evaluación hidrogeológica de los acuíferos excesivamente explotados en América Latina (CXXVII)*. Caso de estudio Acuífero de Azua. Azua: Noviembre 2013.
- [22] RED INTERAMERICANA DE ACADEMIA DE CIENCIAS. *Diagnóstico del Agua en las Américas*. Foro Consultivo Científico y Tecnológico, AC.
[http://www.ianas.org/water/book/diagnostico_del_agua_en_las_americas.pdf, 13 mayo 2016]
- [23] USON. *Composición de un Lixiviado*.
[<http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/9952/Capitulo6.pdf>, 14 mayo 2016].
- [24] UNICEF. *Encuesta Nacional de Hogares de Propósitos Múltiples, ENHOGAR 2010*. Santo Domingo: diciembre 2010.
[http://www.unicef.org/republicadominicana/ENHOGAR_2009-10.pdf, 14 mayo 2016].
- [25] AQUATER S.p.A. Estudio Hidrogeológico Nacional de República Dominicana. *Estudio Hidrogeológico de la Planicie de Azua, Memoria no. 3*, R.D.: febrero 2000.
- [26] OBSERVATORIO POLÍTICO DOMINICANO, *¿Qué pasa con el agua?*, R.D.: agosto 2014.
[<http://www.opd.org.do/index.php/analisis-politicas-publicas/infraestructura-y-habitat-humano-analisis-politicas-publicas/1688-ique-pasa-con-el-agua>, 23 mayo 2016]
- [27] CAASD. *Plan Estratégico Institucional 2010-2015*.
[<http://m.caasd.gob.do/media/SyncCMSMedia/37009/plan-estrategico-2010-2015.pdf>, 17 de mayo 2016]
- [28] UNICEF. *Coordinación en Acción*. R.D.: diciembre 2012
[http://www.unicef.org/republicadominicana/Coordinacion_GASH_lecciones_aprendidas12.pdf, 14 mayo 2016].
- [29] INAPA. *Memoria 2012-2013*.
[<https://issuu.com/hectorfrias/docs/memoria03>, 17 mayo 2016]
- [30] EL AGUA POTABLE, *Filtración*.
[<http://www.elaguapotable.com/filtracion.htm>, 17 de junio 2016].
- [31] EL SÍNDICO DEL PUEBLO. *DGDC sigue repartiendo agua potable en barrios carenciados de Santo Domingo*. R.D.: febrero 2013.
[http://leocamara07.blogspot.com.es/2013_02_01_archive.html, 30 mayo 2016]

- [32] ASOCIACIÓN NUEVOS CAMINOS. *Agua y Saneamiento*. [http://nuevoscaminos.org/agua/?lang=es, 26 mayo 2016].
- [33] ASOCIACIÓN NUEVOS CAMINOS. *Saneamiento Ambiental, el reto de Sabana Yegua*. Azua: diciembre 2015. [https://www.youtube.com/watch?v=_5ZiuWsRu5w, 25 mayo 2016].
- [34] MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA. *Boletín Epidemiológico 2014*. R.D.: diciembre 2014. [http://digepisalud.gob.do/docs/Boletines%20epidemiol%C3%B3gicos/Boletines%20semanales/2014/Boletin%20Semanal%2049-2014.pdf, 25 mayo 2016].
- [35] CAECIDO PADILLA, A. UNIVERSIDAD DEL VALLE, Facultad de Ingeniería. *Evaluación de una Tecnología Individual para Manejo de Excretas y Aguas Grises en los Corregimientos de Cañutico y San Francisco en el Departamento de Cauca*. Santiago de Cali: 2011. [http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/4154/4/CB-0439165.pdf, 27 mayo 2016].
- [36] IGME, *Aguas. Perdurabilidad de la contaminación en el agua subterránea*. España: 2006. [http://aguas.igme.es/igme/publica/libro38/pdf/lib38/in_06.pdf, 17 de junio 2016].
- [37] CEPIS-OPS, "Análisis de contaminación de las aguas subterráneas por sistemas de saneamiento básico". W.J. Lewis, S.S.D. Foster y B.S. Drasar, 1988. [http://www.bvsde.ops-oms.org/eswww/fulltext/repind46/analisis/analisis.html, 27 mayo 2016].
- [38] DELGADO, L. SCHIFFER, A. Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo, AECID. *Manual de Requerimientos Mínimos para Intervenciones en Agua, Saneamiento e Higiene en Emergencias*. España: 2012. [http://www.aecid.es/Galerias/noticias/descargas/2012/2012-06/Manual_de_Requerimientos_Mximos_para_Actuacionesortado.pdf, 18 junio 2016].
- [39] SOBSEY, M. OMS. *Agua, Saneamiento y Salud. Manejo del agua en la vivienda: beneficios acelerados para la salud derivados del abastecimiento de agua mejorado*. EEUU: School of Public Health, University of California, febrero 2007. [http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/wsh0207/es/index1.html, 14 de junio 2016].
- [40] MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES. *Permisos de construcción y explotación de pozos para uso de aguas subterráneas, concesiones de uso*. R.D. [http://www.ambiente.gob.do/ambienterd/servicios/autorizaciones-ambientales/suelos-y-

aguas/permiso-de-construccion-y-explotacion-de-pozos-para-uso-de-aguas-subterraneas-concesiones-de-uso/, 2 de junio 2016].

[41] BOHECHÍO DIGITAL, *En Bohechío des del pasado sábado no llega el agua*. R.D.: mayo 2016.

[http://www.bohechiodigital.com/2011_05_01_archive.html, 30 mayo 2016].

[42] VILLA CON MUNDIAL. *Fuerte sequía provoca Gobierno active plan de emergencia en RD*. R.D.: julio 2015.

[http://villaconmundial.blogspot.com.es/2015/07/fuerte-sequia-provoca-gobierno-active.html#.V01H_r652NA, 31 mayo 2016].

[43] TU DOCENA. *Grifo para Dispensador de Agua caña larga en plástico de recambio*.

[<http://www.tudocena.com/12x-grifo-para-dispensador-de-agua-ca-a-larga-en-plastico-de-recambio-400036.html>, 31 mayo 2016].

[44] RIVERA, R. Anti-poverty Partnership Initiatives. *Innovación para el Desarrollo y la Cooperación Sur-Sur*. Nicaragua: IDEASS, 2010.

[<https://s3.amazonaws.com/PfP/Ideass+brochure+Spanish.pdf>, 18 de junio 2016].

[45] Viceministerio de Planificación, Dirección General de Inversión Pública. *Formulario de Captura de Datos de la Ejecución Físico Financiera de los Proyectos, Gestión Formuladora 2013*. R.D.: 2013.

[<http://caasd.gob.do/media/33551/inversion%20en%20proyectos%201er%20semestre%202013.pdf>, 15 de junio 2016].

[46] Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo. República Dominicana, Informe al Congreso. “Ejecución Físico Financiera, Proyectos de Inversión Pública, Enero – Junio 2011”.

[http://economia.gob.do/mepyd/wp-content/uploads/archivos/libros/Libros/Informe_Congreso.pdf, 19 de junio 2016].

[47] Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo. “Fichas de proyectos en ejecución por INAPA”, diciembre 2013.

[<http://economia.gob.do/mepyd/wp-content/uploads/archivos/dgip/proyectos-en-ejecucion/2013/27-instituto-nacional-de-aguas-potables-y-alcantarillados.pdf>, 21 de junio 2016].

[48] Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo. *Libro SNIP 6809: Ampliación Servicios de Agua Potable en el Municipio Santo Domingo Este , Provincia Santo Domingo*.

R.D.: 2013.

[<http://economia.gob.do/mepyd/wp-content/uploads/archivos/libros/Libros/6809.pdf>, 20 de junio 2016].

[49] CASTILLO TIÓ, R. *Perfil Ambiental de la República Dominicana*. Santo Domingo: Ingeniería Civil y del Medio Ambiente, Marzo de 2001.

[<http://www.bvsde.paho.org/bvsAIDIS/REPDOM/castillo.pdf>, 20 de junio 2016]

Bibliografía complementaria

- Colombo, F. "Abanicos Aluviales". 1989.

Características del subsuelo de origen volcánico que caracteriza la hidrogeología del Llano de Azua.

- CYPE Ingenieros, SA. "Software para Arquitectura, Ingeniería y Construcción". [http://www.generadordeprecios.info/obra_nueva/calculaprecio.asp?Valor=1_5_6_7_8|0_0_0_3|0|ADE010|ade_010:_0_0_2_1_2_0_0_0_0_1_0_0_5_0_1|ade_010_sys:_0, 15 junio 2016].

Cálculo de los costes de construcción del pozo.

- Fundación Sur Futuro. "Cultivando Agua Buena". [<http://surfuturo.org/areasdetrabajo/cultivando-agua-buena/>, 15 abril 2016].

Programa realizado en la Provincia de San Juan, enfocado a la conservación de recursos naturales y mejorar la calidad de vida de los habitantes de zonas rurales y pequeñas comunidades.

- Fundación Sur Futuro. "Río los Baos: Agua y Desarrollo". [<http://surfuturo.org/areasdetrabajo/convenio-rio-los-baos-agua-y-desarrollo-2014-2018/>, 15 abril 2016].

Plan de incrementación de la cobertura de servicios eficaces y sostenibles de agua potable y saneamiento, consolidando una cultura del agua. Tiene el objetivo de aumentar las capacidades productivas para un uso racional y sostenible del recurso en las cuencas hidrográficas que se intervienen.

- Metcalf & Eddy. Ingeniería de Aguas Residuales, tratamiento, vertido y reutilización. Madrid: Mc Graw Hill, 1995.

Características de las aguas residuales.

- Proyecto de Desarrollo Agrícola Sostenible en San Juan de la Maguana. Convenio INCA – INDRHI, Santo Domingo 1992.
[<https://books.google.es/books?id=yycqAAAAYAAJ&pg=PA28&lpg=PA28&dq=presupuesto+construcci%C3%B3n+pozo+en+rd&source=bl&ots=5riDfdgUkq&sig=QNh4KgSN-3vsOTFp3T63m7LvmwA&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwikyoWn1qnNAhWC2BoKHQSOD8EQ6AEISDAJ#v=onepage&q&f=true>, 15 junio 2016].

Costes de construcción por unidad en República Dominicana.

- “Proyecto de Desarrollo Agrícola en tres áreas prioritarias bajo riego”. Santo Domingo, RD, diciembre 1988.
[https://books.google.es/books?id=pysqAAAAYAAJ&pg=RA2-PA1&lpg=RA2-PA1&dq=proyecto+ysura+azua&source=bl&ots=8Gf2v9CljQ&sig=10wgNZIdO2ZWYc100Cw5ZTzkbvA&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiGr_LEjcDMAhWLbhQKHV5MAK0Q6AEITzAM#v=onepage&q=proyecto%20ysura%20azua&f=false, 4 mayo 2016].

Descripción del Proyecto Ysura.

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. “República Dominicana”.
[http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries_regions/dom/indexesp.stm, 20 mayo 2016].

Descripción de la situación actual de República Dominicana en relación al agua y saneamiento.